



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Sensor de imagen integrado FQ2 de Omron y su aplicación a control de calidad en la industria farmacéutica

Autor/es

RAQUEL MÍNGUEZ RUIZ

Director/es

JAVIER ESTEBAN VICUÑA MARTÍNEZ

Facultad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Titulación

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Departamento

INGENIERÍA ELÉCTRICA

Curso académico

2018-19



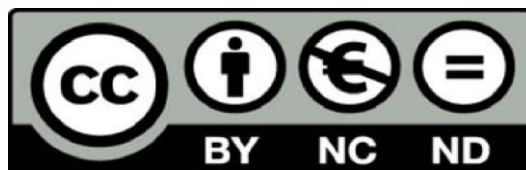
Sensor de imagen integrado FQ2 de Omron y su aplicación a control de calidad en la industria farmacéutica, de RAQUEL MÍNGUEZ RUIZ
(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

Título
Sensor de imagen integrado FQ2 de Omron y su aplicación a control de calidad en la industria farmacéutica
Autor/es
Raquel Mínguez Ruiz
Director/es
Javier Esteban Vicuña Martínez
Facultad
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Titulación
Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
Departamento
Ingeniería Eléctrica
Curso Académico
2018-2019



Sensor de imagen integrado FQ2 de Omron y su aplicación a control de calidad en la industria farmacéutica, trabajo fin de grado de Raquel Mínguez Ruiz, dirigido por Javier Esteban Vicuña Martínez (publicado por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**TITULACIÓN: Grado en
Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

CURSO: 2018/2019

CONVOCATORIA: SEPTIEMBRE

TÍTULO:

**Sensor de imagen integrado FQ2 de Omron y su
aplicación a control de calidad en la industria
farmacéutica**

ESTUDIANTE: Raquel Mínguez Ruiz

TUTORES/AS: Javier Esteban Vicuña Martínez

DEPARTAMENTO: Ingeniería Eléctrica



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Resumen

El trabajo desarrollado en este TFG hace uso de diversas técnicas y funcionalidades del ámbito de la visión artificial, una tecnología que desde hace tiempo se viene empleando, entre otras, en aplicaciones de control de calidad y que está en continua mejora.

Las continuas mejoras en cuanto a prestaciones y potencia de cómputo de los sistemas hardware, algoritmos y herramientas de desarrollo que emplea, permiten su uso en un mayor número de aplicaciones de diversos ámbitos, además de ampliar y mejorar las aplicaciones en los procesos de control de calidad en los que se venían utilizando.

Un ejemplo de esto es la disponibilidad en el mercado de equipos integrados que posibilitan el desarrollo de aplicaciones de visión artificial de forma muy rápida, por medio de equipamientos compactos y equilibrados en coste y prestaciones. Uno de estos dispositivos es el sensor de imagen integrado FQ2 fabricado por Omron, el siguiente trabajo se desarrolla basándose en las posibilidades que ofrece el mismo en aplicaciones de tipo industrial.

En primer lugar, se realiza una introducción a la visión artificial y a los sistemas que la utilizan, haciendo hincapié en la visión artificial aplicada al control de calidad en el sector industrial, además de introducir los dispositivos que forman parte de cualquier aplicación basada en visión artificial.

Posteriormente, se dedican varios apartados a la mejora de la calidad de las imágenes tomadas, ya sea para mejorar la nitidez o eliminar brillos indeseados. Además, se realiza un análisis detallado de los algoritmos que presenta el sensor integrado, dando ejemplos de su aplicabilidad y precisión. Todo ello realizado con el software TouchFinder for PC que proporciona el fabricante.

Por último, para comprobar la efectividad de este sensor se realiza una aplicación con objeto de clasificar envases de fármacos basándose en la información que tienen en la cara principal. Esta clasificación se encargará de verificar si el código de barras coincide con el código nacional y también de comprobar que están presentes los símbolos necesarios. Las pruebas necesarias para realizar la aplicación se han realizado creando un banco de imágenes que contiene diversos estuches de fármacos.

Se incluye además en este TFG un manual de procedimiento que detalla las diferentes etapas y ajustes necesarios que se han realizado en la aplicación para que ésta funcione de forma óptima.

Abstract

The present work developed below deals with the technology of artificial vision, a discipline that is evolving a lot in recent years. Due to the advances made in it, it is being implemented more and more in real life and also in the industry. Devices have been designed that are able to make decisions about a product. One of these devices is the integrated image sensor FQ2 manufactured by Omron. The following work is developed based on the possibilities offered by it in industrial applications.

First of all, an introduction is made to the science of artificial vision and the systems they use, with special emphasis on the artificial vision applied to quality control in the industrial sector. In addition to giving a brief explanation about the devices that any application that requires artificial vision must incorporate.

Subsequently, several sections are dedicated to improving the quality of the images taken, either to improve sharpness or eliminate unwanted brightness. In addition, a detailed analysis of the algorithms presented by the integrated sensor is performed, giving examples of its applicability and accuracy. All this done with the software provided by the manufacturer Touch Finder for PC.

Finally, to verify the effectiveness of this sensor, an application is made in order to classify drug packages based on the information they have on the main face. This classification will verify if the barcode matches the national code and also verify that the necessary symbols are present. The tests necessary to carry out the application have been carried out by creating an image bank containing various drug cases.

Also included in this TFG is a user manual that details how the application was made so that it works with great precision.

Agradecimientos

Muchas gracias a mis compañeros durante estos cuatro años, porque empezamos siendo desconocidos y acabamos siendo una pequeña familia. Especialmente a Ander, Jesús y Natalia, ya que han sido un pilar fundamental para mí estos dos últimos años, gracias por todas las experiencias que hemos vivido fuera de la universidad.

Agradecer también a mis amigos su apoyo durante estos años, animándome siempre que lo he necesitado y prestándome su ayuda y compañía siempre que las necesité. Muchas gracias a Leyre por estar siempre cerca cuando estaba en la otra punta del mundo.

Muchas gracias también a mi tutor Javier Vicuña por su ayuda y sus consejos con este trabajo y con la movilidad a Valencia, sobre todo por los ánimos que me ha dado estos dos últimos años con las asignaturas.

Gracias a mis padres, que me han dado la educación que yo he querido, en especial a mi madre que es la persona que más me ha apoyado durante estos años y la que me ha animado a seguir con todos los retos que me he propuesto.

Muchas gracias también a mi hermana, por enseñarme a disfrutar de la vida y cuidarme siempre.

Por último, muchas gracias a mi abuela por enseñarme a ver siempre el lado bueno de las cosas y por cuidarme desde lejos.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 1: Índice general

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice general

Memoria	7
Anexos.....	91
Planos.....	103
Pliego de condiciones	109
Mediciones.....	141
Presupuesto	145



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 2: Memoria

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice

Tabla de contenido

1.1.	Presentación.....	16
1.2.	Objeto.....	16
1.2.1.	General.....	16
1.2.2.	Objetivos particulares	16
1.3.	Alcance	17
2.	Introducción	18
2.1.	Antecedentes	18
2.1.1.	Visión artificial.....	18
2.1.1.1.	Visión artificial en la industria	20
2.1.1.2.	Componentes de un sistema de visión artificial	21
2.1.2.	Control de calidad en medicamentos	22
2.2.	Estructura del TFG: bloques o apartados.....	25
2.3.	Normas y referencias	26
2.3.1.	Disposiciones legales y normativa aplicada	26
2.3.2.	Programas empleados.....	26
2.3.3.	Referencias.....	27
2.3.3.1.	Bibliografía web.....	27
2.3.3.2.	Artículos bibliográficos.....	27
2.4.	Definiciones y abreviaturas.....	28
3.	Sensor FQ2	31
3.1.	Software FQ2.....	32
3.2.	Toma de medidas	32
3.3.	Conexiones	33
4.	Ajuste de la calidad de imagen.....	34
4.1.	Enfoque	34
4.2.	Brillo	35
4.3.	Ajuste de color	36
4.4.	Ajuste de posición	36
4.4.1.	Compensación de posición.....	37
4.4.2.	Retardo del disparo	37

4.5.	Aplicación de filtros.....	38
4.5.1.	Filtro de grises	38
4.5.2.	Suavizado débil y suavizado fuerte	40
4.5.3.	Dilatación.....	40
4.5.4.	Erosión.....	40
4.5.5.	Mediana	41
4.5.6.	Extracción de bordes	41
4.5.7.	Extracción de bordes horizontales.....	42
4.5.8.	Extracción de bordes verticales.....	42
4.5.9.	Mejora de bordes	42
4.5.10.	Supresión de fondo	43
4.6.	Resultados de los filtros	44
5.	Métodos de inspección	47
5.1.	Reconocimiento de cadena de caracteres	48
5.2.	Lectura de códigos de barras	50
5.3.	Lectura de códigos 2D	52
5.4.	Lectura de códigos 2D (DPM).....	53
5.5.	Búsqueda.....	55
5.6.	Búsqueda de forma III	57
5.7.	Búsqueda de forma II	60
5.8.	Búsqueda sensible.....	62
5.9.	Posición de borde.....	64
5.10.	Ancho.....	66
5.11.	Conteo de bordes.....	67
5.12.	Área	68
5.13.	Color	70
5.14.	Etiquetado	72
5.15.	Cálculos	74
6.	Aplicación diseñada.....	76
6.1.	Banco de imágenes	76
6.2.	Sensor de disparo.....	78
6.2.1.	Sensor empleado.....	79
6.2.2.	Cinta transportadora	80

6.3.	Configuración y programación de la aplicación del sensor.....	80
6.4.	Cálculos	85
6.5.	Configuración de salidas	87
7.	Conclusiones.....	89
8.	Vías de continuación	89

Índice de figuras

<i>Figura 1: Ejemplo cupón precinto.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2: Información que debe aparecer en cada cara</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3: Sensor FQ2</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4: Entradas y salidas del sensor FQ2</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5: Esquema de un proceso de visión artificial</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6: Retardos en el disparo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7: Solución de la interferencia mutua</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8: Ajuste del enfoque.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9: Relación entre la velocidad de obturación y el brillo de la imagen.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10: Ajuste del brillo de la imagen</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11: Relación entre la velocidad de obturación y el ajuste del brillo en modo HDR</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12: Ajuste de la región modelo</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13: Resultado de la aplicación compensación de posición.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14: Esquema de aplicación con sensor externo.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15: Filtros del modo RGB</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16: Ajustes del filtro HSV</i>	<i>39</i>
<i>Figura 17:Imagen original antes de aplicar HSV</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18:Imagen con filtro HSV</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19: Resultado de suavizado fuerte</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20: Resultado de dilatación</i>	<i>40</i>
<i>Figura 21: Resultado de erosión</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22: Resultado de mediana.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 23: Resultado de extracción de bordes</i>	<i>41</i>
<i>Figura 24: Resultado de extracción de bordes horizontales.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 25: Resultado de extracción de bordes verticales</i>	<i>42</i>
<i>Figura 26: Resultado de mejora de bordes.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 27: Gráfico de supresión de fondo</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28: Aplicación de mejora de contraste.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 29: Aplicación de extracción de rango de brillo</i>	<i>44</i>
<i>Figura 30: Registro de caracteres en OCR</i>	<i>49</i>
<i>Figura 31: Resultado de aplicar el algoritmo OCR</i>	<i>49</i>
<i>Figura 32: Ajustes de juicio disponibles.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 33: Datos encontrados por el algoritmo</i>	<i>51</i>
<i>Figura 34: Registro de información en el banco de datos</i>	<i>51</i>
<i>Figura 35: Resultado de aplicar el algoritmo</i>	<i>51</i>
<i>Figura 36: Registro de datos de un código 2D.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 37: Lectura del código 2D.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 38: Registro de código 2D (DPM)</i>	<i>54</i>
<i>Figura 39: Resultado del juicio 2D (DPM).....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 40: Ajuste de la región modelo e inspección</i>	<i>55</i>
<i>Figura 41:Resultado algoritmo búsqueda</i>	<i>56</i>
<i>Figura 42:Posibilidades del algoritmo</i>	<i>56</i>

<i>Figura 43:Ajuste de las regiones modelo e inspección</i>	59
<i>Figura 44:Resultado algoritmo búsqueda III</i>	59
<i>Figura 45:Ajuste de las regiones modelo e inspección</i>	61
<i>Figura 46:Resultado algoritmo búsqueda de forma II</i>	61
<i>Figura 47:Ajuste del tipo de rejilla.....</i>	62
<i>Figura 48:Ajuste de las regiones modelo e inspección</i>	63
<i>Figura 49:Resultado válido de búsqueda sensible</i>	63
<i>Figura 50:Resultado no válido de búsqueda sensible</i>	63
<i>Figura 51: Ajuste de las regiones modelo e inspección</i>	64
<i>Figura 52:Resultado algoritmo posición de borde</i>	65
<i>Figura 53: Modos de detección de borde</i>	65
<i>Figura 54:Resultado algoritmo ancho</i>	66
<i>Figura 55:Resultado algoritmo conteo de bordes.....</i>	67
<i>Figura 56: Esquema parámetro de juicio conteo de bordes.....</i>	68
<i>Figura 57: Selección del área modelo.....</i>	68
<i>Figura 58: Resultado algoritmo área</i>	69
<i>Figura 59: Relleno de agujeros</i>	69
<i>Figura 60: Relleno de contornos.....</i>	70
<i>Figura 61: Selección del área modelo.....</i>	70
<i>Figura 62:Resultado algoritmo detección de color OK.....</i>	71
<i>Figura 63:Resultado algoritmo detección de color NG</i>	71
<i>Figura 64: Configuración de etiquetado.....</i>	72
<i>Figura 65: Extracción de imagen</i>	73
<i>Figura 66: Resultado algoritmo etiquetado i</i>	73
<i>Figura 67: Resultado algoritmo etiquetado ii</i>	74
<i>Figura 68: Proceso de medida</i>	75
<i>Figura 69: Ajuste de la captura después del disparo.....</i>	78
<i>Figura 70: Tren de pulsos de las señales</i>	79
<i>Figura 71:Sensor fotoeléctrico</i>	79
<i>Figura 72: Soporte del sensor</i>	80
<i>Figura 73: Ajuste de la región de compensación de posición.....</i>	81
<i>Figura 74: Imagen original (derecha) - Imagen con filtro compensación de posición (izq.)</i>	81
<i>Figura 75:Filtros empleados</i>	82
<i>Figura 76: Elementos detectados en los métodos de inspección</i>	82
<i>Figura 77: Elementos detectados en los estuches.....</i>	82
<i>Figura 78:Ajuste de las regiones modelo e inspección</i>	83
<i>Figura 79: Algoritmos de inspección utilizados</i>	84
<i>Figura 80: Argumentos de la operación AND en código de barras</i>	85
<i>Figura 81: Argumentos de la operación AND en OCR</i>	85
<i>Figura 82: Operación OR sobre las dos anteriores</i>	86
<i>Figura 83: Operación OR sobre búsqueda II</i>	86
<i>Figura 84: Operación final para el resultado global.....</i>	86
<i>Figura 85: Lista de cálculos aplicados</i>	87
<i>Figura 86: Resultado inspección OK</i>	87

<i>Figura 87: Resultado de inspección OK (NG global)</i>	<i>88</i>
<i>Figura 88: Resultado inspección NG final.....</i>	<i>88</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Símbolos que deben figurar en el envase</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2: Siglas en el envase</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3: Símbolos cupón precinto</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4: Entradas y salidas del sensor FQ2</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 5: Resultados filtros</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 6: Métodos de inspección del sensor FQ2</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 7: Opciones de visualización en método búsqueda iii</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 8: Señales empleadas</i>	<i>79</i>

Capítulo 1

1.1. Presentación

Este trabajo ha sido realizado por Raquel Mínguez Ruiz, alumna del cuarto curso del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Se presenta con el objeto de obtener el título de Graduada en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por la Universidad de La Rioja.

1.2. Objeto

1.2.1. General

El objetivo principal que persigue este trabajo es doble:

- ❖ Por un lado, se pretende realizar un análisis pormenorizado de las funcionalidades y prestaciones disponibles en el sensor integrado de visión artificial FQ2 de Omron, así como de las posibles aplicaciones en las que podría ser utilizado.
- ❖ Por otro lado, se desea utilizar el sensor FQ2 de Omron en una aplicación de inspección perteneciente al ámbito de la industria farmacéutica, para el control de calidad de medicamentos a su paso por una cinta transportadora.

1.2.2. Objetivos particulares

Para lograr este doble objetivo principal anteriormente descrito, se han completado una serie de etapas u objetivos parciales, que se enumeran a continuación:

- ❖ Búsqueda y recopilación de la documentación técnica del sensor FQ2 de Omron.
- ❖ Análisis y estudio de las funcionalidades y parámetros de configuración del sensor integrado FQ2 de Omron:
 - Ajustes de imagen del sensor
 - Códigos de barras
 - OCR
 - Búsqueda de elementos
 - Medición de áreas
 - Detección de color
- ❖ Puesta a prueba de las características y cometido de los ajustes disponibles en cada algoritmo mediante imágenes ejemplo con el software simulador.
- ❖ Creación de un banco de imágenes procedentes de la captura de medicamentos envasados para la aplicación a desarrollar.
- ❖ Puesta en práctica y ajuste de los diferentes algoritmos disponibles para el desarrollo de la aplicación
- ❖ Documentación de los resultados y pruebas realizadas.

- ❖ Redacción de la parte documentación del TFG, en el que se incluye un manual de usuario del sensor en el contexto de la aplicación desarrollada.

1.3. Alcance

Este trabajo contempla todas las fases necesarias para alcanzar los objetivos marcados en el apartado anterior, incluyendo una introducción al ámbito de la visión artificial y a los algoritmos implementados que el sensor lleva incorporados. Se incluye tanto el análisis de las prestaciones del sensor de visión integrado utilizado para realizar el proyecto mostrando ejemplos de cada uno de los algoritmos que presenta y sus posibles variantes, como el desarrollo de una aplicación que hace uso de las características del sensor en el ámbito de la industria farmacéutica.

Cabe mencionarse que no se trata de una implementación real de la aplicación, ya que se ha verificado su correcto funcionamiento con algunos tipos de medicamentos y con las imágenes capturadas a partir de un banco de pruebas. Quedan por tanto supeditadas las características y correcto funcionamiento de la aplicación en un ámbito real, a los ajustes oportunos del sensor asociados a la captura, al color y características concretas de las cajas de medicamentos a las que se desee aplicar, a las dimensiones y posición relativa del sensor y de los medicamentos a analizar, así como a la cinta transportadora utilizada y su velocidad, las condiciones de iluminación, etc.

Capítulo 2

2. Introducción

2.1. Antecedentes

Toda industria o entidad dedicada a la fabricación de un producto dispone de un departamento de control de calidad. Dependiendo del área en el que se estudie, el control de calidad es distinto. Por ejemplo, en la industria alimentaria los controles de calidad se orientan a que el proceso al que se somete el alimento sea el correcto para garantizar su perfecto estado de consumo; en la industria de fabricación el control de calidad se dedica a buscar posibles defectos o imperfecciones que pueda tener un producto, como por ejemplo grietas o errores en las dimensiones del producto.

En el pasado, el control de calidad de ciertos procesos requería de personal cualificado que examinase los productos en busca de imperfecciones que clasificasen al producto como apto o no apto. Los avances tecnológicos en los últimos tiempos han permitido automatizar y mejorar drásticamente la precisión, la eficacia de este proceso, así como una enorme reducción de los tiempos de inspección, registro digital de los fallos y su trazabilidad, dando paso a la utilización de diferentes sistemas y sensores que son capaces de automatizar todo este proceso.

La competencia existente en las industrias les obliga a realizar constantes cambios y mejoras en sus sistemas productivos. Las nuevas corrientes de producción como la industria 'Just In Time' buscan maximizar la competitividad reduciendo los desperdicios, siendo la calidad total lo más importante. Además, se busca detectar los defectos lo más temprano posible para impedir que un producto defectuoso avance en la línea de producción.

La visión artificial aplicada a la industria ha evolucionado considerablemente y conseguido cumplir las exigencias de líneas de producción que necesitan precisión y rapidez. Los sistemas de visión artificial en producción se encargan de adquirir imágenes, procesarlas y analizarlas con rapidez, para producir información numérica o simbólica utilizada para tomar decisiones.

Los sistemas de visión artificial proporcionan una inspección continua del producto, detectando cambios en formas, colores, ubicación o textura. La versatilidad de esta tecnología ha permitido que se pueda utilizar en todo tipo de industrias.

2.1.1. Visión artificial

La visión artificial o visión por computador tiene su origen en la década de los 80. Es en esta década en la que se constata un notable desarrollo en las cámaras de imagen y en los microprocesadores que constituyen la base de procesamiento de los sistemas de visión.

La visión por computadores una parte de la inteligencia artificial que se encarga de simular el sentido de la vista humana, por el cual un objeto es captado por los receptores de la retina y se transforma en impulsos nerviosos que posteriormente son enviados al cerebro, donde tiene lugar su interpretación o procesamiento. La visión por computador es una disciplina científico técnica que se ocupa del estudio de los procesos de captura, procesamiento y reconocimiento de imágenes con un equipamiento específico o por medio de sistemas estándar formados por cámaras de visión, computadoras, etc.

En un sistema de visión artificial aplicado al control de calidad, se captura una escena a través de una cámara que incorpora un sensor de imagen. A continuación, los píxeles digitalizados que componen la imagen (datos numéricos) son procesados para encontrar en la imagen propiedades, atributos o características de los objetos captados en la escena. Comparados éstos con valores patrón establecidos de antemano, el sistema puede inferir de forma automática un veredicto de “apto” o “no apto” de acuerdo con la característica o modelo para el que se ha programado la aplicación.

La visión artificial también se aplica en muchos otros campos y en tareas muy diferentes. Algunas de las aplicaciones más habituales son:

- ❖ Control de procesos.
- ❖ Control de calidad.
- ❖ Automatización de tareas que antes eran realizadas por operarios.
- ❖ Reducción de tiempos de ciclo.
- ❖ Inspección de procesos donde hay diversas piezas con cambios en producción.
- ❖ Navegación.
- ❖ Organización de información.
- ❖ Aplicaciones microscópicas y macroscópicas para la identificación de tejidos.
- ❖ Control de tráfico.

Uno de los campos más importantes de la visión artificial es el aprendizaje automático, es decir, saber distinguir determinadas características entre diferentes imágenes utilizando algoritmos matemáticos. Este campo de la visión se utiliza sobre todo para la clasificación de imágenes o la toma de decisiones. Se pueden clasificar en dos tipos o técnica: el aprendizaje supervisado y el no supervisado.

- ❖ En el aprendizaje supervisado se le "muestra" al computador una serie de patrones previamente clasificados. El algoritmo utilizado ha de ser capaz de encontrar los diferentes patrones. Esta técnica se utiliza por ejemplo, en sistemas expertos y en redes neuronales.
- ❖ Por el contrario, en el aprendizaje no supervisado se le "muestra" al computador imágenes que previamente no han sido clasificadas, lo que implica que tiene que ser capaz de clasificarlas. Esta técnica se utiliza por ejemplo en los sistemas topográficos.

Una tarea habitual es la detección de objetos en una imagen. Para ello se emplean dos procesos: la extracción de características del contenido de una imagen y la búsqueda de objetos basándose en sus características.

- ❖ La extracción de características trata de crear algoritmos matemáticos que simplifiquen el resultado de la imagen buscando únicamente las características indicadas.

2.1.1.1. Visión artificial en la industria

El sensor utilizado para realizar este trabajo ha sido diseñado para procesos industriales. En este apartado se van a analizar los sistemas de visión artificial orientados a la inspección industrial.

Algunos de los procesos de fabricación industriales son complejos, por lo que es necesario un control de calidad que sea capaz de verificar ciertas características importantes del producto en cuestión. La comprobación de estos productos puede realizarse en las diferentes fases de proceso de fabricación. Puede realizarse tanto al final del proceso como en una etapa intermedia que pueda desechar los productos que no cumplan con las condiciones necesarias. De esta forma se consiguen abaratar los costes que suponen que el producto defectuoso hubiese seguido en la línea de producción, y por supuesto costes de expedición de productos defectuosos entregados a los clientes, con el consiguiente coste de retorno de los productos defectuosos, por no hablar de la pérdida de confianza en la fiabilidad que los clientes desean de los productos que se les abastece: si cabe, un coste aún mayor.

El auge que está experimentando la visión artificial en la industria se debe en gran medida a la exigencia que imponen los fabricantes y los proveedores a las industrias, por ello cada vez se invierte más en recursos que logren una inspección automatizada. Además, consiguen mayor precisión y repetitividad que la inspección visual humana, ya que se mantienen siempre a pleno rendimiento y con mayor precisión y velocidad.

Otra de las ventajas de los sistemas de visión artificial en la industria es que no precisan del contacto físico con el elemento que están analizando como los métodos de inspección automáticos. Además, los métodos de inspección automáticos anteriormente citados también necesitan que la pieza esté detenida para poder analizarla, todo lo contrario, a lo que ocurre con los sistemas de visión artificial. De este modo se evitan posibles daños en la pieza, y el coste de control y de tiempo que supondría detenerla línea para la inspección.

En los procesos industriales es muy importante que se cumplan una serie de características tales como la fiabilidad, la precisión, la velocidad o la disponibilidad del servicio técnico. Por ello, las aplicaciones creadas con estos sistemas de visión artificial tienen que conseguir que el índice de error sea mínimo. Para la velocidad se ha de tener en cuenta el tiempo que necesita la aplicación para inspeccionar la escena, pero la etapa correspondiente al sensor de visión no puede ser el cuello de botella del proceso. El factor más importante a tener en cuenta es la rentabilidad de la instalación del sistema de visión; para ello hay que considerar los diferentes costes que suponen como por ejemplo los costes de prevención de fallos, los costes de inspección y los costes en caso de defectos. Es difícil determinar si un sistema de visión

artificial es rentable, es algo que se ve a largo plazo, aunque la inversión inicial sea elevada, la mayoría de estos sistemas se amortizan en un corto periodo de tiempo.

2.1.1.2. Componentes de un sistema de visión artificial

Los componentes de cualquier sistema de visión artificial se describen a continuación:

- ❖ Sensor o cámara: Se utiliza para capturar la escena. Están formadas por una lente o grupo de lentes encargadas de proyectar la imagen sobre el sensor de imagen. Es posible conectar varios de estos sensores en serie o colocar varios sensores de visión en diferentes etapas de un proceso.

Con respecto a los sensores de imagen, se distinguen dos tipos de tecnologías. Por un lado están los sensores CCD, estos sensores ofrecen una gran calidad de imagen, por lo que se utilizan en aplicaciones profesionales. Por otro lado están los sensores CMOS, son sensores más económicos capaces de capturar partes de una imagen.

Es importante saber cuál es el tipo de sensor más adecuado para la aplicación que se va a realizar. Para ello, hay que tener en cuenta una serie de características como por ejemplo el rango dinámico, *smear*, la velocidad de captura de imágenes, la resolución o la sensibilidad.

- ❖ Iluminación: Es el factor más importante a tener en cuenta ya que gracias a ella se proporciona toda la información al sensor. Es importante saber que dependiendo del objeto a iluminar, las características de la luz son diferentes. Como se verá en apartados posteriores en este trabajo, la iluminación en superficies metálicas o en cristales es muy diferente a la iluminación en superficies mates.

Para que las características de la escena capturada sean fácilmente reconocibles es necesario evitar sombras y reflejos en las imágenes.

Dependiendo del entorno en el que se realice la captura de la imagen, la iluminación puede ser natural, mediante fibra óptica para iluminar objetos pequeños, con luz fluorescente para evitar sombras, con diodos led para aplicaciones comunes o mediante láser para la medición de profundidades.

En este trabajo se utiliza iluminación led, ya que el sensor de visión lleva incorporados diodos led alrededor de la lente. En apartados posteriores se explica detalladamente cómo gestionar la iluminación en el equipo utilizado.

- ❖ Software entre el sensor y el equipo de control: El equipo de control suele ser un sistema basado en microprocesador (sistema embebido, o computadora) que ejecuta un software que gestiona el proceso de captura, pre-procesamiento, reconocimiento y las entradas y salidas durante todo el proceso.

2.1.2. Control de calidad en medicamentos

La trazabilidad de un producto a lo largo de toda la cadena de producción es la capacidad de controlar un producto hasta el final del proceso. En la industria farmacéutica, la trazabilidad del producto es muy importante ya que la cadena logística de este sector precisa de mayores controles.

Por este motivo, los envases de fármacos tienen un control de calidad específico ya que se encargan de conservar la calidad del medicamento y sobretodo de protegerlos ante falsificaciones.

Los principales sistemas de trazabilidad que se utilizan por la industria farmacéutica son los siguientes:

- ❖ Código EAN: Es el código de barras del producto. Representa un código con barras de ancho variable. Los escáneres leen las barras en función de su anchura y las convierten a un número de 13 cifras.
- ❖ DataMatrix: Corresponde a la codificación de datos 2D, este tipo de códigos permite una elevada concentración de información en un formato reducido. Estos códigos están formados por celdas en blanco y negro. Cada una de estas celdas representa un bit de información.
- ❖ RFID: Chip electrónico que almacena información que se puede transmitir por ondas de radio. A diferencia de los dos anteriores, no precisan de contacto visual para la lectura. Este tipo de identificación no se la incorporan todos los envases de medicamentos.
- ❖ Lote y fecha de caducidad: El lote del medicamento identifica su número de partida. La fecha de caducidad indica la fecha de vencimiento del medicamento.

Adicionalmente, los envases disponen de la información en braille para personas invidentes. Los envases que deben disponer de esta información son aquellos a los que el paciente tenga acceso directo mediante dispensación en farmacias. La información mínima que debe incluir es el nombre completo del medicamento.












El estuche es el embalaje donde se introducen los envases primarios de los medicamentos, tales como ampollas, viales, frascos, tubos de metal o blíster. Se trata de una caja de cartulina satinada para proteger a los medicamentos frente a la humedad, golpes y caídas y también para conseguir una mejor presentación.

La información recogida en el estuche permite identificar al medicamento, esta información ha de seguir el Real Decreto 1345/2007 que regula el etiquetado de los medicamentos de uso humano y establece cuál es la información que tiene que aparecer en el embalaje exterior. Esta información se recoge en el Anexo III del decreto.

Este Real Decreto traspone directivas europea que especifican la posición, dimensiones, símbolos e indicaciones que se deben incluir en el embalaje exterior de los medicamentos. Esta información ha de ser la siguiente:

1. La denominación del medicamento seguida de la dosificación y la forma farmacéutica.
2. Nombre del medicamento en alfabeto braille.
3. Composición y principios activos.
4. Contenido en peso o volumen y unidades de las que dispone.
5. Forma y vía de administración.
6. Advertencia "Mantener fuera del alcance de los niños".
7. Advertencias especiales.
8. Símbolos correspondientes en caso de que los medicamentos tengan radionucleidos o sean gases medicinales.
9. Fecha de caducidad.
10. Precauciones a tener en cuenta en la eliminación en el caso de no ser utilizados.
11. Nombre y dirección del fabricante o representante.
12. Código nacional del medicamento: código de 7 dígitos en la esquina superior derecha.
13. Lote de fabricación.
14. Símbolos, siglas y leyendas detalladas en el anexo IV del Real Decreto 1345/2007

Se recogen a continuación los símbolos que deben aparecer en los envases de los medicamentos:

Símbolos que deben figurar en el envase	
Dispensación sujeta a prescripción médica	
Dispensación con receta oficial de estupefacientes de la lista anexa a la Convención única de 1961	
Medicamentos que contengan sustancias psicotrópicas incluidas en el Convenio sobre sustancias psicotrópicas del 21 de febrero de 1971.	 Psicótopos Anexo I
	 Psicótopos Anexo II
Conservación en el frigorífico	
Caducidad inferior a cinco años	
Medicamento con menos de cinco años en el mercado	
Medicamentos que pueden reducir la capacidad de conducción	
Medicamentos que pueden producir fotosensibilidad	
Símbolo internacional de radiactividad recogido en la norma UNE-702 de 1991.	
Símbolo de gas medicinal comburente	



Símbolo de gas medicinal inflamable	
Símbolos autorizado para facilitar la recogida de medicamentos (Punto SIGRE)	

Tabla 1: Símbolos que deben figurar en el envase

Las siglas se deben incluir en la esquina superior derecha entre el código nacional y los símbolos según proceda. Las siglas establecidas son las siguientes:

Siglas	Significado
ECM	Especial Control Médico
EFP	Especialidad farmacéutica publicitaria
EFG	Especialidad farmacéutica Genérica
H o UH	Uso Hospitalario
TLD	Tratamiento de larga duración
DH	Diagnóstico Hospitalario
EQ	Especialidad Bioequivalente

Tabla 2: Siglas en el envase

Por último, se puede incluir el cupón precinto que establece las condiciones de reembolso. Es obligatorio que lo incluyan aquellos medicamentos financiados por el Sistema Nacional de Salud. Cuando se trata de un medicamento no financiado, el cupón se sustituye por un recuadro con el código de barras. Los símbolos que éste incluye se recogen a continuación:




Símbolos del cupón precinto	
Asistencia sanitaria de la Seguridad Social	A.S.S.S
Medicamento de especial control médico	ECM
Tratamiento de larga duración	TLD
Equivalente farmacéutico genérico	EFG
Financiación restringida a una determinada indicación	I
Antipsicóticos atípicos financiados con visado a mayores de 75 años	E
Medicamentos de aportación reducida	
Diagnóstico Hospitalario	
Cupón precinto diferenciado (CPD)	

Tabla 3: Símbolos cupón precinto

Se incluye a continuación un ejemplo de cupón precinto con las localizaciones de cada uno de los símbolos y siglas anteriormente citados.

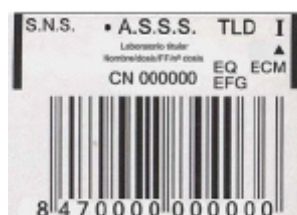


Figura 1: Ejemplo cupón precinto

En la siguiente imagen se recoge la información que ha de aparecer en cada una de las caras de los fármacos.

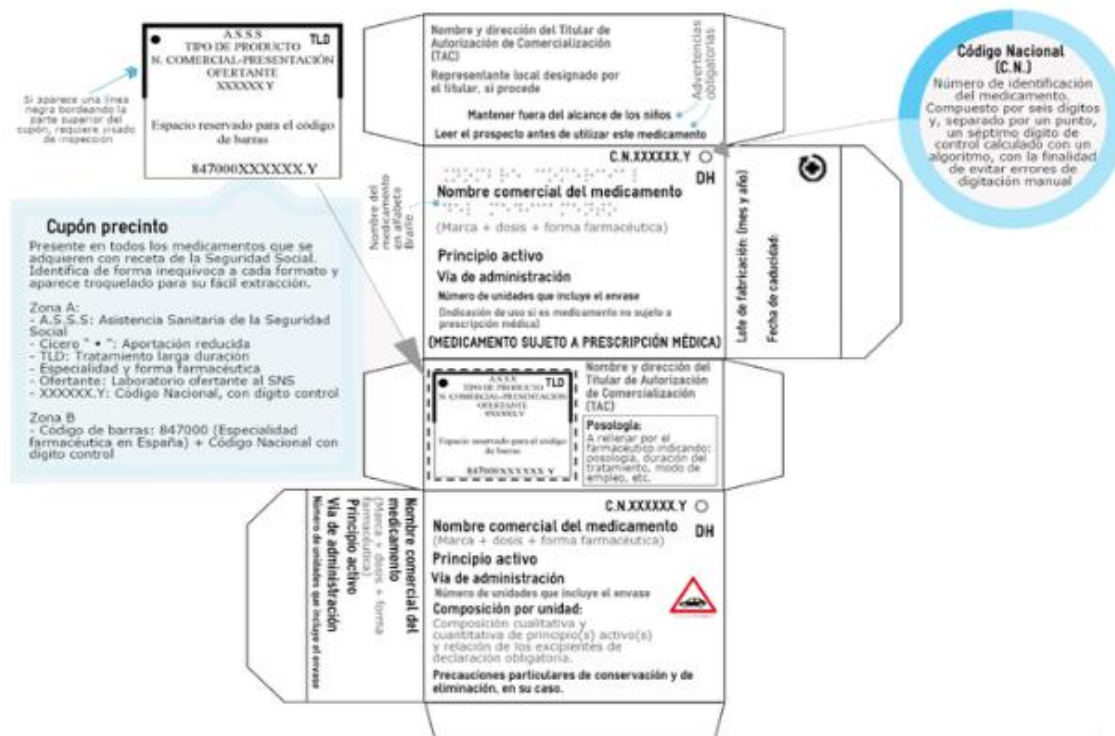


Figura 2: Información que debe aparecer en cada cara

Para este proyecto se van a contemplar como atributos a detectar, el código de barras, el código nacional del medicamento y los símbolos utilizados en los embalajes de los medicamentos. Todos estos elementos han de estar obligatoriamente en la cara frontal de la caja y seguir la normativa anteriormente mencionada.

2.2. Estructura del TFG: bloques o apartados

La información de este documento se ha estructurado y se desarrolla en cinco bloques o apartados:

- ❖ En el capítulo 3 se describe el sensor de imagen utilizado. Además se desarrollan también sus posibles conexiones, el software de programación empleado y las fases de las que consta cualquier proceso de medida realizado con el mismo.
- ❖ En el capítulo 4 se desarrollan los diferentes algoritmos y funciones disponibles que se pueden emplear para mejorar la calidad de imagen. Estas van desde la mejora de la nitidez en el enfoque hasta eliminar tonalidades indeseadas de la escena capturada.
- ❖ El tercer bloque, desarrollado en el capítulo 5, trata los algoritmos que emplea el sensor integrado. Cuenta con 14 algoritmos diferentes que contemplan numerosas posibilidades. En este capítulo se prueba cada uno de ellos dando ejemplos de su efectividad.

- ❖ En el cuarto bloque, correspondiente al capítulo 6, se desarrolla una aplicación práctica utilizando varios de estos algoritmos. Se utilizan concretamente el algoritmo de reconocimiento de caracteres, el algoritmo orientado a códigos de barras y el algoritmo de búsqueda de elemento. Para completar este capítulo, se incluye un manual de usuario sobre los algoritmos programados en el sensor.
- ❖ En el quinto bloque de este documento se abordan las conclusiones y las vías de continuación de este proyecto.

2.3. Normas y referencias

2.3.1. Disposiciones legales y normativa aplicada

- ❖ Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias.
- ❖ Real Decreto 1907/1996, de 2 de agosto, sobre publicidad y promoción comercial de productos, actividades o servicios con pretendida finalidad sanitaria.
- ❖ Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos.
- ❖ Real Decreto 1345/2007, de 11 de octubre, por el que se regula el procedimiento de autorización, registro y condiciones de dispensación de los medicamentos de uso humano fabricados industrialmente.
- ❖ Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios.
- ❖ Norma UNE1302-2: 1973 Vocabulario electrotécnico. Electrónica.
- ❖ Norma UNE 20-324 Grados de protección de los envoltorios del material eléctrico de baja tensión.
- ❖ Norma UNE 20-334 Conductos para instalaciones eléctricas.
- ❖ Norma UNE 21-401 Conductores eléctricos aislados.
- ❖ Norma UNE 21-402 Conductores eléctricos aislados y desnudos.

2.3.2. Programas empleados

- ❖ TouchFinderfor PC: Software de programación de Omron para la programación del sensor integrado. Tiene dos posibles vertientes, la primera de ellas corresponde al caso de disponer de la cámara físicamente; la segunda de ellas trabaja con una simulación de la cámara, en vez de capturar imágenes, éstas se cargan desde el ordenador.
- ❖ Auto CAD: Software de diseño asistido por ordenador. Se ha empleado para realizar los planos del proyecto.
- ❖ PhotoScape: Software de edición fotográfica. Este programa se ha empleado para redimensionar las fotos del banco de pruebas y convertirlas posteriormente al formato necesario.

2.3.3. Referencias

Las referencias descritas a continuación están disponibles a día 3 de septiembre de 2019.

2.3.3.1. Bibliografía web

- ❖ https://assets.omron.eu/downloads/brochure/es/v3/fq2_brochure_es.pdf
- ❖ https://assets.omron.eu/downloads/manual/es/v1/z306_fq_getting_started_guide_es.pdf
- ❖ <https://www.boe.es/>
- ❖ <https://www.portalfarma.com/Ciudadanos/ipmedicamentos/nocionesgenerales/Documents/Siglas+y+simbolos+envase.pdf>
- ❖ <https://guiaterapeutica.wordpress.com/2018/10/05/simbolos-siglas-y-codigos-de-las-cajas-de-medicamentos/>
- ❖ https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v3/z337_fq2-s_ch_smart_camera_users_manual_en.pdf
- ❖ <https://www.redeszone.net/2017/07/09/mascara-subred-descripcion-utilidad/>
- ❖ <http://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/demostracion-dataman-260-lectura-dpm-sobre-superficie-metalica-curva/>
- ❖ <https://www.sefh.es/sefhpublicaciones/documentos/59-congreso/salajuntas1-01-networking2-isabel-martin.pdf>
- ❖ <http://www.itene.com/blog/i/1822/239/el-envase-farmaceutico>

2.3.3.2. Artículos bibliográficos

- ❖ J. García Fuentes, A. Navalón Davó, A. Jordá Reolid y D. Juárez Varón. Visión artificial aplicada al control de calidad. 3C Tecnología (Edición número 12). Disponible en : <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/77705/Garc%c3%ada%20Fuentes%2c%20J.%20-%20VISI%c3%93N-ARTIFICIAL-APLICADA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- ❖ José Porras. Classification system based on computer vision. Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Universidad Ricardo Palma, 2009. Disponible en: http://www.urp.edu.pe/pdf/ingenieria/electronica/CAP-1_Taller_de_Electronica_IV_b.pdf
- ❖ M.C. Soriano, C. Sánchez-Lafuente, J. Álvares-Fuentes y M. A. Holgado Acondicionamiento de medicamentos: funciones y tipos de envasado. Industria farmacéutica, 2000. Disponible en: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tecnofarma/wp-content/uploads/2010/03/acondicionamiento.pdf>
- ❖ Cristian Andrés Ordoñez Santiago. Formatos de imagen digital. Revista Digital Universitaria, 2005.
- ❖ E. Sobrado, J. Tafur. Sistema de Visión artificial para el reconocimiento y manipulación de objetos utilizando un brazo robot. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2003. Disponible en: <http://www.iiis.org/cds2008/cd2008csc/cisci2008/paperspdf/c336gi.pdf>

- ❖ Ainara Estaun Gabás. Adecuación de un sistema de visión artificial para control de calidad. Trabajo fin de grado, Universidad Pública de Navarra, 2016. Disponible en: https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/21702/TFG_AinaraEstaun-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

2.4. Definiciones y abreviaturas

- ❖ Apertura: Expresada como número F en las cámaras fotográficas indica la apertura de la lente, es el hueco que se deja para que la luz entre al diafragma. Cuanto menor sea este número, mayor cantidad de luz se deja pasar.
- ❖ **bmp**: De las siglas en inglés '**bit map format**'. Formato empleado en las fotografías para que cada píxel aporte información. El tamaño de la imagen original se reduce sin que ésta pierda información o calidad.
- ❖ **CCD**: De las siglas en inglés '**Charge Coupled Device**', dispositivo de carga acoplada. Uno de los dos sensores comúnmente utilizados en fotografía. Su interior está constituido por semiconductores y se distribuyen en forma de matriz. Acumulan carga eléctrica en las celdas de la matriz (píxeles) en función de la luz que incida sobre cada una de ellas. Esta carga eléctrica se acumula en forma de voltajes y da una señal analógica en la salida. Después con un convertidor analógico - digital se traduce la información.
- ❖ Código EAN: Codificación de los códigos de barras correspondiente al estándar adoptado en el mundo excepto por EE.UU y Canadá. Son códigos de 13 dígitos.
- ❖ Código 2D: Códigos de barras de dos dimensiones capaces de guardar más información que los de una dimensión (códigos de barras). Dentro de los mismos hay diferentes tipos de códigos: PDF147 (Codifica todos los caracteres ASCII), Código DataMatrix (Codifica todos los caracteres ASCII, es omnidireccional y el tamaño depende del número de datos), **QR** del inglés '**Quick Response**' (Diseñado para ser codificado a alta velocidad, es capaz de codificar todos los caracteres ASCII e información binaria, también es omnidireccional).
- ❖ Código 2D (**DPM**): Del inglés, '**Direct Part Marking**', son los mismos códigos que los anteriores pero impresos sobre el producto directamente. Se utilizan en industrias donde lo importante es controlar la trazabilidad del producto. Normalmente se suele hacer en materiales como metales y plástico.
- ❖ Conector 12M: Conector hembra utilizado en sensores de diámetro 12 mm.
- ❖ *Display*: Dispositivo de un aparato electrónico o bien una pantalla donde se muestra información sobre un proceso.
- ❖ Ethernet: Protocolo de red de área local. Constituye a una red de ordenadores o sistemas conectados localmente.
- ❖ **HDR**: De las siglas en inglés '**High Dynamic Range**'. Son imágenes de alto rango dinámico, es decir, se ajustan las zonas de luz. Es el tipo de fotografía que más se asemeja al ojo humano ya que se ajustan para adaptarse a varios rangos de luz,.
- ❖ **HSV**: De las siglas en inglés '**Hue, Saturation, Value**'. Constituye un modelo de color en el que se seleccionan tres parámetros, el primero de ellos es el matiz, es decir el tono. El segundo de los parámetros es la saturación, cuanto menor sea la saturación de un

color, mayor será la presencia de grises. El tercer parámetro es el del valor, aunque también se le puede denominar como brillo, corresponde a una escala entre el 0 y el 100% del negro al blanco.

- ❖ Industria *'Just in time'*: Sistema de organización de la producción que se está implementando cada vez más en la industria con objeto de reducir costes de producción. El objetivo de esta industria es que los suministros lleguen al fabricante o los productos al cliente lo antes posible para satisfacer las necesidades de ambos.
- ❖ **IP**: Siglas en inglés de *'Internet Protocol'*. Dirección compuesta por 32 bits agrupados en cuatro grupos de 1 byte.
- ❖ **ISO**: En fotografía es la cantidad de luz que necesita la lente para hacer una captura.
- ❖ **Led**: Siglas del inglés *'Light - Emitting Diode'*. Diodo emisor de luz.
- ❖ **Máscara de subred**: Combinación de bits que delimita el alcance de una red de ordenadores. Si la dirección IP es por ejemplo 192.198.5.22 y la máscara de subred es 255.255.255.0, significa que todas las direcciones tendrán como parte fija 192.168.5, los últimos números son los que presentan la variación y puede ser cualquiera desde el 0 hasta el 255.
- ❖ **NG**: Juicio final del sensor cuando el método de inspección no detecta el elemento de interés o cuando al menos uno de los elementos de inspección o cálculos no obtienen un buen resultado.
- ❖ **OCR**: De las siglas en inglés *'Optical Character Recognition'*. Se aplica al reconocimiento óptico de caracteres en el ámbito de visión artificial.
- ❖ **OK**: Juicio final del sensor cuando el método de inspección ha detectado el elemento de interés o cuando todos los elementos de inspección y los cálculos del sensor resultan aptos.
- ❖ **Punto SIGRE**: Siglas de Sistema Integrado de Gestión de Residuos de Medicamentos. Es un pictograma impreso en algunos estuches de medicamentos que indica el reciclado de los mismos.
- ❖ **PC**: Siglas en inglés de *'Personal Computer'*. Ordenador personal.
- ❖ **PLC**: De las siglas en inglés *'Programmable Logic Controller'*.
- ❖ **RFID**: De las siglas en inglés *'Radio Frequency Identification'*.
- ❖ **RGB**: Código de los colores primarios en inglés *'Red, Green, Blue'*. Se puede utilizar para representar cualquier color expresando un valor de 0 a 255 de cada uno de ellos.
- ❖ **RS-232C**: Del inglés *'Recommended Standard 232'*, constituye un protocolo de comunicaciones.
- ❖ **SD**: Del inglés *'Secure Digital'*. Es un formato de tarjeta de memoria.
- ❖ **Sensor FQ2**: Sensor integrado de visión artificial comercializado por Omron.
- ❖ **TCP/IPv4**: Protocolo de las direcciones IP.
- ❖ **Teaching**: Modo del software TouchFinder en el que se programa el modelo que luego se va a detectar.
- ❖ **TFG**: Siglas de Trabajo Fin de Grado
- ❖ **TouchFinder**: Monitor que permite controlar el sensor FQ2. Es posible realizar su función con un ordenador ya que existe un software de programación (TouchFinder for PC) que realiza las mismas funciones que el monitor.

- ❖ Velocidad de obturación: Tiempo que permanece abierto el obturador de la cámara para realizar una imagen. Utilizado para fotografiar de forma nítida objetos o personas en movimiento. Cuanto mayor sea esta velocidad, menos movimiento se verá en la captura.

Capítulo 3

3. Sensor FQ2

El sensor de visión artificial FQ2 de Omron ofrece diferentes métodos de inspección de objetos. Dispone de una carcasa que permite que su integración en los procesos industriales sea mucho más sencilla ya que es una única pieza.



Figura 3: Sensor FQ2

Este sensor utiliza las señales digitales de entrada para enviar órdenes de captura o notificar diferentes estados gracias a los buses de entrada de los que dispone. Se describen a continuación:

Clasificación	Señal	Uso
Alimentación	Alimentación	Fuente de alimentación externa de 24 V
	GND	
Entradas	TRIG	Entrada de la señal de disparo
	IN0 a IN5	Entrada de comandos
Salidas	OUT0 (OR)	Salida de juicio global
	OUT1 (BUSY)	Salida procesando
	OUT2 (ERROR)	Salida de error

Tabla 4: Entradas y salidas del sensor FQ2

La asignación de cada una de las tres salidas se puede cambiar a una señal de juicio individual de OR0 a OR31 (resultado de cálculos).

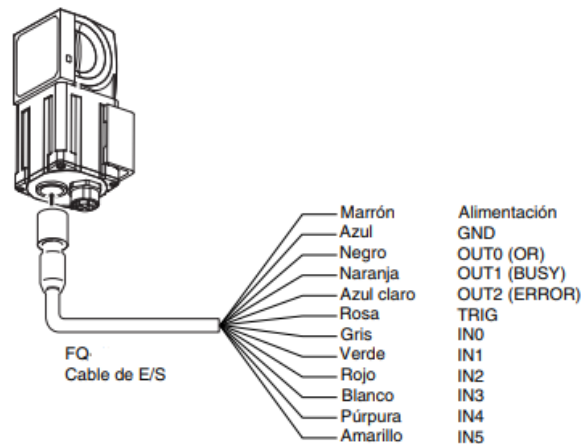


Figura 4: Entradas y salidas del sensor FQ2

La salida proporcionada por el sensor FQ2 es de tipo booleano. En función de los filtros introducidos por el usuario, el sensor devuelve OK (si es aceptado) o bien, NG (si no es aceptado).

3.1. Software FQ2

Para realizar operaciones sobre la cámara es posible utilizar el visualizador comercializado por Omron "TouchFinder" o bien el software de programación "TouchFinderfor PC". Ya que no se dispone del visualizador para la realización del presente TFG, el entorno en el que se ha trabajado es con el software para PC. Este programa permite trabajar de dos formas; la primera de ellas es utilizando la cámara físicamente y la segunda de ellas es trabajar de forma virtual. En este trabajo se ha trabajado de forma virtual mayoritariamente.

Es posible trabajar directamente sin computador.

3.2. Toma de medidas

El proceso de medida consta de las siguientes etapas:



Figura 5: Esquema de un proceso de visión artificial

- ❖ Trigger input / Señal de disparo. El sensor comienza a medir cuando recibe la señal de disparo de un dispositivo externo.
- ❖ Take image / Captura de imagen. Captura la escena cuando recibe la señal de disparo.
- ❖ Measurement / Medidas. Se buscan coincidencias con la escena capturada en ese instante y la imagen modelo que se ha establecido previamente. Además, se pueden realizar cálculos en base a los resultados de los métodos de inspección.
- ❖ Output / Salida. La salida consiste en el juicio global de todos los elementos de inspección. Además, también se pueden establecer como salida los resultados detallados de los métodos de inspección.

Es importante tener en cuenta la importancia de los retardos de cada una de las fases de la toma de medidas. Especialmente los retardos en la señal de disparo.

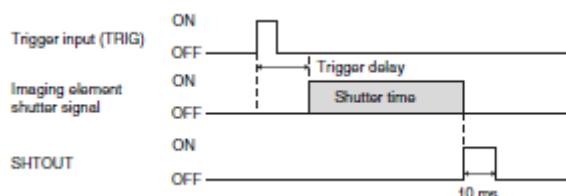


Figura 6: Retardos en el disparo

Supuesto de tener varios sensores conectados y que todos ellos utilicen la misma señal de disparo, la luz que emita un sensor para efectuar la medida afectará a las medidas del siguiente sensor. Este problema se denomina interferencia mutua. Este tipo de interferencia se puede prevenir retrasando la captura del siguiente sensor. Para ello será necesario ajustar el retardo del disparo. Se explica cómo ajustar este parámetro en apartados posteriores.

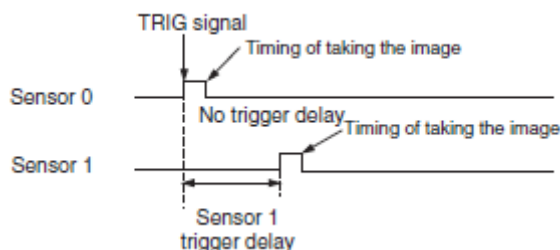


Figura 7: Solución de la interferencia mutua

3.3. Conexiones

Cuando solo se utilizan sensores y el display del TouchFinder, las direcciones IP se asignan automáticamente. Será necesario ajustar en el ordenador el protocolo de la dirección IP, que será necesario configurarlo en la versión 4, TCP/IPv4. En las propiedades de ésta, los ajustes que habrá que establecer serán los siguientes:

- ❖ Dirección IP: 10.5.5.101
- ❖ Máscara de subred: 255.255.255.0

En el caso de conectar también un PLC o un ordenador, será necesario configurar los ajustes de Ethernet, ya que tienen que ser compatibles con la red de trabajo.

Para configurar la dirección IP y la máscara de red será necesario acceder al menú de ajustes del sensor, la ruta a seguir es la siguiente: [Sensor settings] > [Network] > [Ethernet] > [IP address setting]. Después de haber seguido estos pasos, será posible establecer la dirección IP de la red y la máscara de subred.

Una vez programada esta configuración, se puede proceder a programar los algoritmos en el TouchFinder, tanto en el PC como en el TouchFinder físico. En el caso de tener varios sensores conectados a la vez, se podrá ver por pantalla la imagen de cada uno de ellos, por lo tanto, será necesario elegir la imagen modelo que se quiera utilizar para crear el algoritmo.

En este TFG se ha realizado la aplicación supuesto de tener un PLC, al no disponer de él físicamente, estos ajustes no se han realizado en la aplicación.

Capítulo 4

4. Ajuste de la calidad de imagen

Antes de capturar una imagen con el sensor FQ2 es posible ajustar diferentes parámetros para verla de forma más nítida o mejorar zonas que carecen de la iluminación necesaria. En este capítulo se van a tratar las diferentes condiciones para la captura de imágenes en los métodos de inspección.

4.1. Enfoque

Para capturar imágenes de forma nítida, en la pantalla de configuración se dispone de un indicador que muestra la calidad del enfoque. Dependiendo del área que se quiera capturar, el usuario puede ajustar de forma manual el enfoque de la cámara utilizando el tornillo de ajuste de enfoque. Girando el tornillo en sentido de las agujas del reloj, el campo de visión se estrechará, por lo tanto capturará objetos más cercanos. Por el contrario, girando en sentido contrario a las agujas del reloj, el sensor se ampliará el campo de visión, de forma que se podrán capturar objetos lejanos.

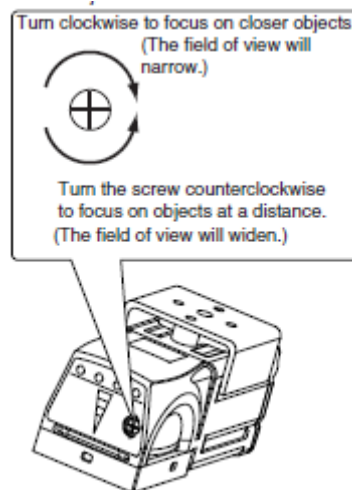


Figura 8: Ajuste del enfoque

4.2. Brillo

Es posible ajustar el brillo de la imagen capturada para captar mejor la característica que se desee medir.

A la hora de ajustar el brillo es importante tener en cuenta el tiempo de exposición. Cuanto mayor sea el brillo ajustado para la imagen, mayor será el tiempo de exposición, lo que implica que, si el objeto capturado se mueve a gran velocidad, la imagen se vea borrosa. Es una característica a tener en cuenta en ambientes industriales donde se utilizan cintas transportadoras.

Para solucionar este problema, es necesario disminuir el tiempo de exposición, aunque esto implica que la imagen se vuelva más oscura, por ello es imprescindible asegurarse de que la imagen no se toma en un entorno demasiado oscuro.

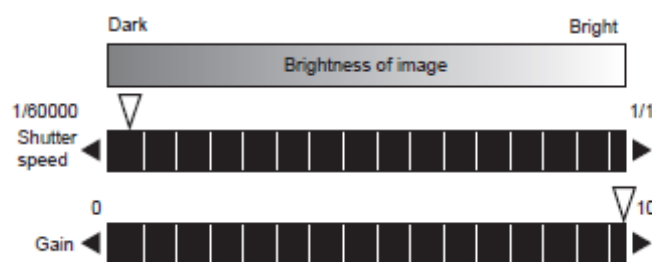


Figura 9: Relación entre la velocidad de obturación y el brillo de la imagen

En un entorno industrial donde se quieren tomar imágenes de superficies brillantes o metálicas, puede ocurrir que se refleje la luz y afecte a la imagen. Para solucionar estos reflejos se pueden utilizar dos funciones:

- ❖ Conocido como alto rango dinámico, el modo HDR combina varias imágenes de una misma escena con diferente tiempo de exposición, ya que así se cambian los brillos. El resultado final es una imagen a partir de las imágenes tomadas, de esta forma los

píxeles saturados de una imagen se combinan con los no saturados de otra imagen. La imagen resultante tiene un contraste inferior. Esta función no se encuentra disponible en el software de ordenador y solo se puede utilizar cuando la cámara está conectada. Esta función es útil cuando el objeto de medida está parado.

- ❖ Uso de un filtro polarizador para eliminar las reflexiones. Este filtro es comercializado por Omron. Puede ocurrir que al capturar la escena sea demasiado oscura una vez acoplado el filtro, para ello es necesario ajustar el brillo. Se utiliza cuando el objeto a capturar está en movimiento.

Cuando la opción HDR está activada se puede ajustar el brillo de la imagen.

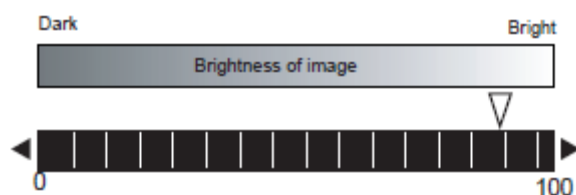


Figura 10: Ajuste del brillo de la imagen

Para objetos que se mueven de forma rápida, el efecto borroso se puede reducir decrementando la velocidad de obturación.

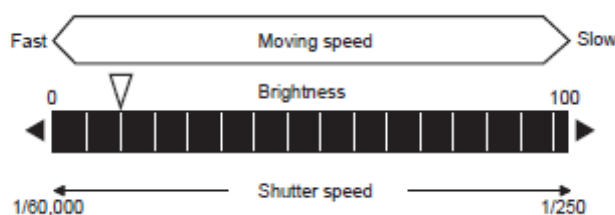


Figura 11: Relación entre la velocidad de obturación y el ajuste del brillo en modo HDR

4.3. Ajuste de color

El sensor dispone de ajuste de balance de blancos. Cuando se utiliza iluminación externa, se pueden distorsionar los colores de la escena; para ajustarlo, es importante poner un papel en blanco, inicialmente se ajusta de forma automática, aunque es posible ajustarlo manualmente. En el caso de utilizar la luz integrada de la que dispone el sensor, el balance de blancos ya se encuentra ajustado.

4.4. Ajuste de posición

Cuando los objetos se encuentran en movimiento, lo más probable es que un objeto varíe su posición con respecto a la del anterior. Para el correcto reconocimiento de las características buscadas en cada aplicación, el sensor tiene dos vías para ajustar la variación de la posición.

- ❖ Compensación de posición.
- ❖ Retardo del disparo.

4.4.1. Compensación de posición

El sensor realiza medidas en la región de medida que se ha configurado previamente. Lo que hace es memorizar su posición y forma fijas. Por lo tanto, si se realiza una medición continua y algún elemento varía su posición con respecto al original, el resultado será NG. Puede ocurrir que la medida sea NG y el objeto sea correcto, pero al variar su posición, el sensor no lo detecta como bueno. Por ello el sensor incorpora una función que se encarga de ajustar la posición a la del original.

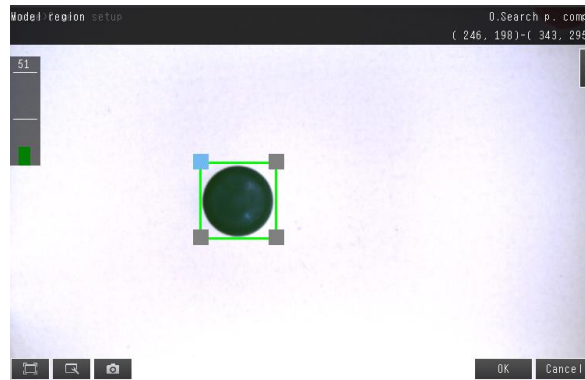


Figura 12: Ajuste de la región modelo

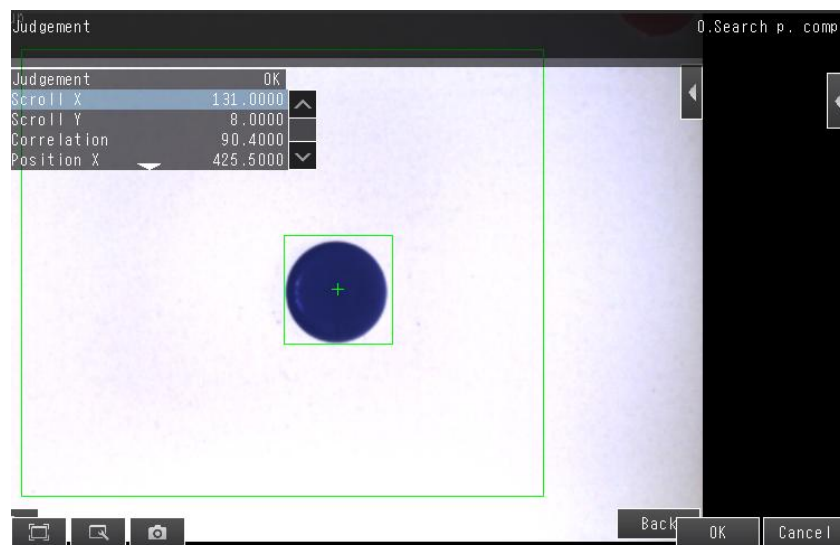


Figura 13: Resultado de la aplicación compensación de posición

4.4.2. Retardo del disparo

El sensor dispone de una entrada que indica cuándo tomar una escena para analizarla. Cuando se utiliza un sensor externo para configurar el disparo, se envía antes la señal de disparo de que pase el objeto, por lo tanto, se realiza una captura de una escena inservible. Por ello, se puede ajustar un tiempo de retardo que retrasa la captura de la escena. Si además de ello, los elementos a capturar se encuentran girados, se puede utilizar la función explicada anteriormente.

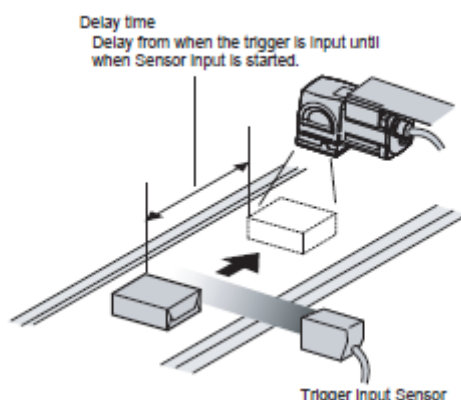


Figura 14: Esquema de aplicación con sensor externo

4.5. Aplicación de filtros

Los filtros que incorpora el sensor eliminan el ruido de la imagen u otros elementos que no son útiles en la medida. Es posible combinar ambos filtros con los parámetros explicados anteriormente para una búsqueda más detallada. El ajuste de la escena que captura la cámara se realiza en el orden en el que se registran los filtros y la compensación de posición, por este motivo es importante tener en cuenta el orden en el cual se han puesto los diferentes elementos de ajuste.

Los filtros de imagen se utilizan para realizar medidas posteriores de forma más sencilla. Normalmente, se utilizan en los siguientes casos:

- ❖ Recorte de fondos innecesarios que no tienen que ser medidos.
- ❖ Eliminar el ruido de la imagen.
- ❖ Búsqueda de bordes de marcas cuando se han extraído previamente otros bordes.

Los filtros disponibles se analizan en los siguientes apartados. Es importante conocer que los filtros y los elementos de compensación de posición se aplican en el mismo orden en el que han sido aplicados. Se puede utilizar un total de 8 filtros a la vez, incluyendo también los elementos de compensación de la posición.

4.5.1. Filtro de grises

Convierte una escena capturada a color en una escena monocolor. Se utiliza este filtro para detectar un solo color, ya que se puede especificar el rango de colores en el cual se aplica el filtro. No se puede aplicar este filtro a imágenes que sean en blanco y negro únicamente.

Dentro de este filtro existen dos variantes:

- ❖ Filtro RGB: Se especifican los rangos de extracción de rojo, verde y azul. Dentro de esta opción es posible aplicar diferentes filtros.



Figura 15: Filtros del modo RGB

El último filtro permite al usuario crear un filtro específico ya que permite ajustar la ganancia de rojo, verde y azul.

- ❖ Filtro HSV: Los rangos de los colores extraídos son especificados con la saturación. De esta forma permite desechar los colores no deseados en el test final.

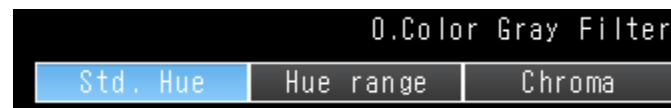


Figura 16: Ajustes del filtro HSV

Utilizando el filtro HSV, se ha creado una aplicación que solo detecta fichas rojas.

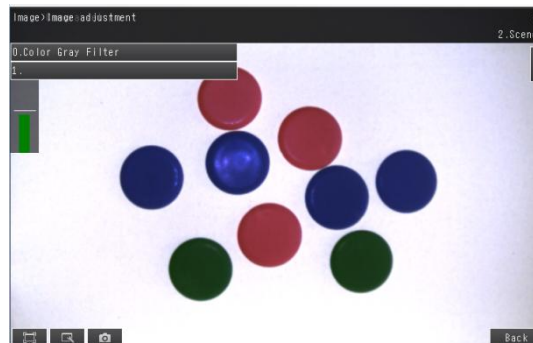


Figura 17:Imagen original antes de aplicar HSV

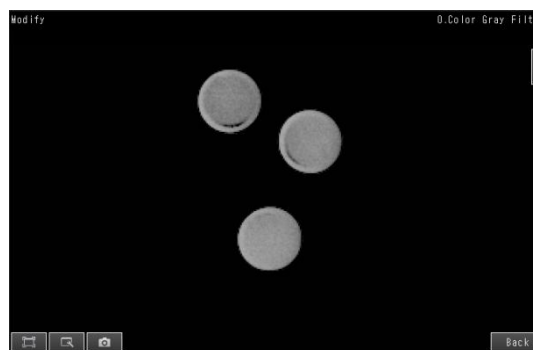


Figura 18:Imagen con filtro HSV

4.5.2. Suavizado débil y suavizado fuerte

Se utiliza cuando existen irregularidades menores en la escena capturada. Se estabiliza la imagen para reducir irregularidades difuminando posibles imperfecciones.

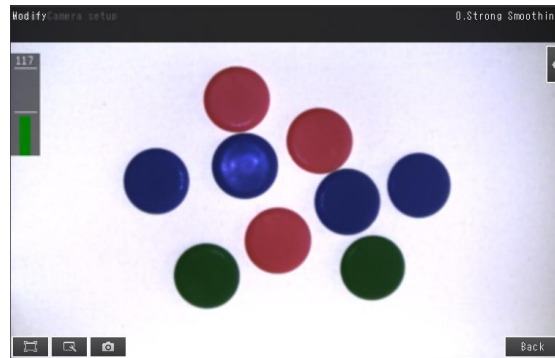


Figura 19: Resultado de suavizado fuerte

4.5.3. Dilatación

Filtro necesario cuando hay ruido oscuro en la escena capturada. El ruido oscuro es eliminado dilatando las zonas con más brillo.

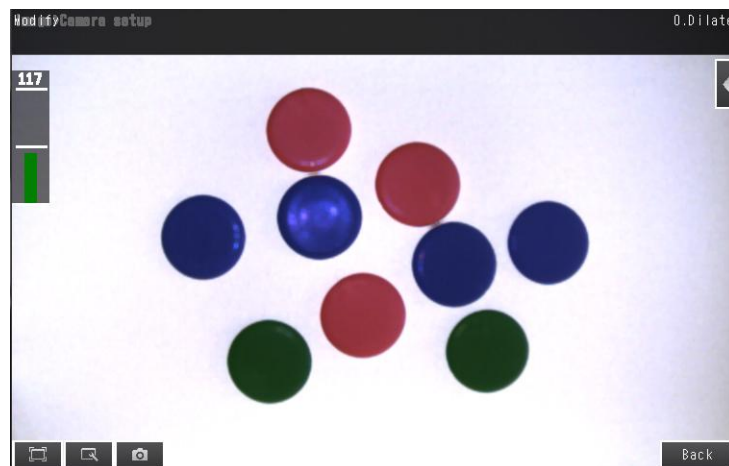


Figura 20: Resultado de dilatación

4.5.4. Erosión

Filtro necesario cuando hay ruido brillante en la escena capturada. El ruido brillante es eliminado erosionando las zonas con más brillo.

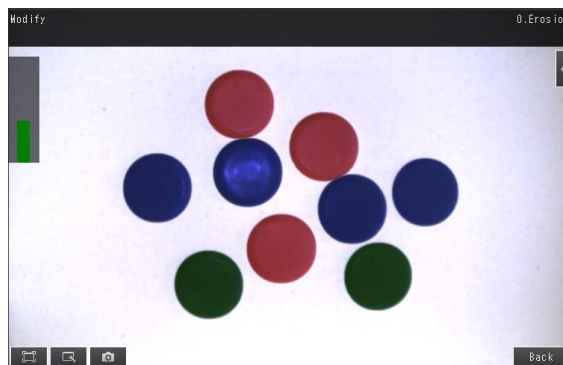


Figura 21: Resultado de erosión

4.5.5. Mediana

Se emplea este filtro cuando existen pequeñas irregularidades en el objeto de medida. Se reducen las desigualdades mientras se mantienen los contornos.

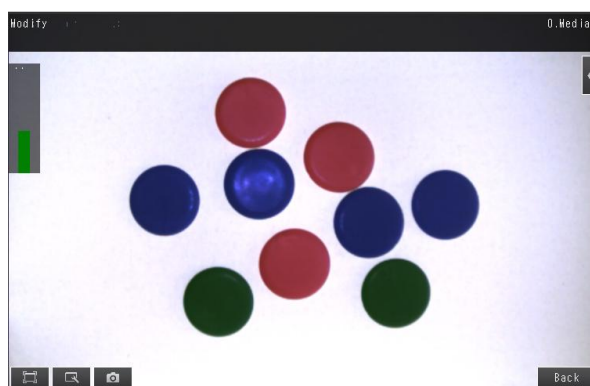


Figura 22: Resultado de mediana

4.5.6. Extracción de bordes

Extracción de los bordes de la imagen entre la luz y la oscuridad.

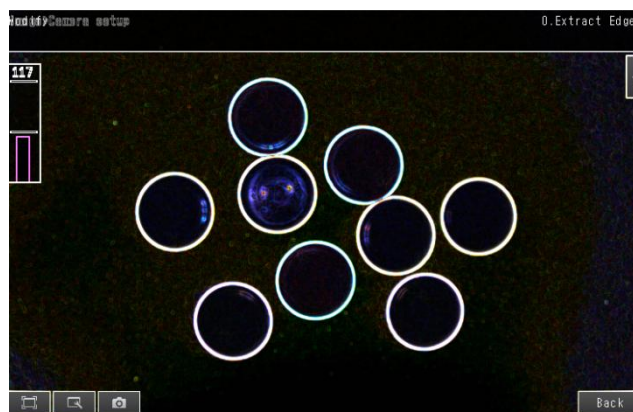


Figura 23: Resultado de extracción de bordes

4.5.7. Extracción de bordes horizontales

Extracción de los bordes horizontales de la imagen entre la luz y la oscuridad.

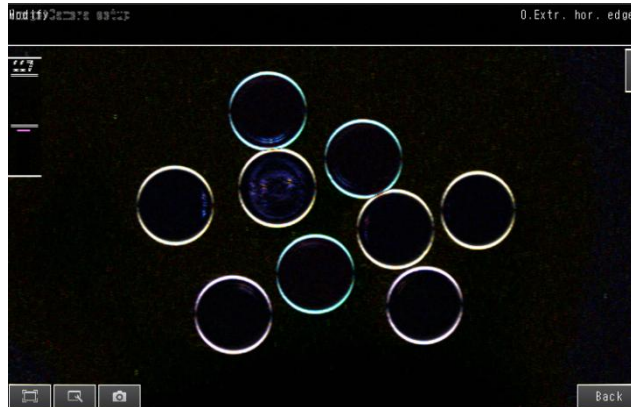


Figura 24: Resultado de extracción de bordes horizontales

4.5.8. Extracción de bordes verticales

Extracción de los bordes verticales de la imagen entre la luz y la oscuridad.

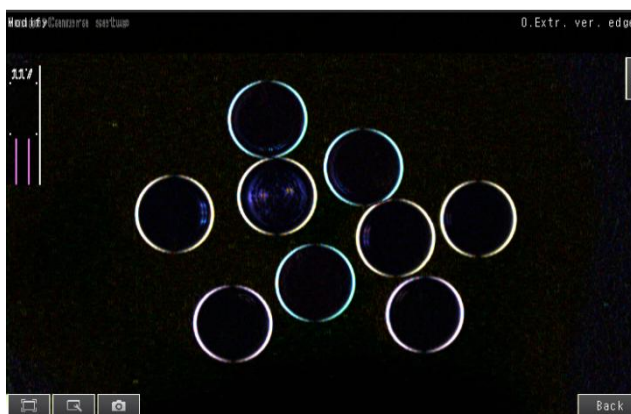


Figura 25: Resultado de extracción de bordes verticales

4.5.9. Mejora de bordes

Mejora los bordes de la imagen entre las zonas de luz y las de oscuridad.

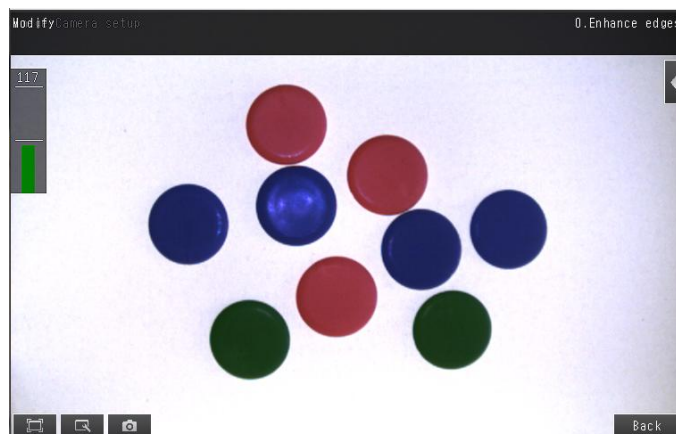


Figura 26: Resultado de mejora de bordes

4.5.10. Supresión de fondo

Extrae un rango específico de brillo para incrementar el contraste de la imagen y eliminar el fondo innecesario. Funciona de la siguiente forma:

- ❖ Incrementar el contraste: El rango de brillo de entrada que está dentro del rango especificado (valor de 0 a 255) se convierte a 255 niveles para mejorar el contraste.
- ❖ Supresión de fondo: Los valores de entrada desde el 0 hasta el límite inferior se convierten al nivel 0. Los valores de entrada entre el límite superior y el 255 son convertidos al nivel 255 para eliminar como fondo cualquier lugar que no se encuentre dentro del rango de brillo especificado.

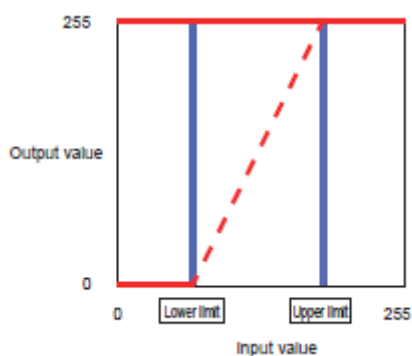


Figura 27: Gráfico de supresión de fondo

Se pueden utilizar cualquiera de los dos métodos siguientes para fijar los límites superior e inferior del rango de brillo a extraer.

- ❖ Mejora del contraste de un área especificado. El usuario especifica dónde mejorar el contraste.

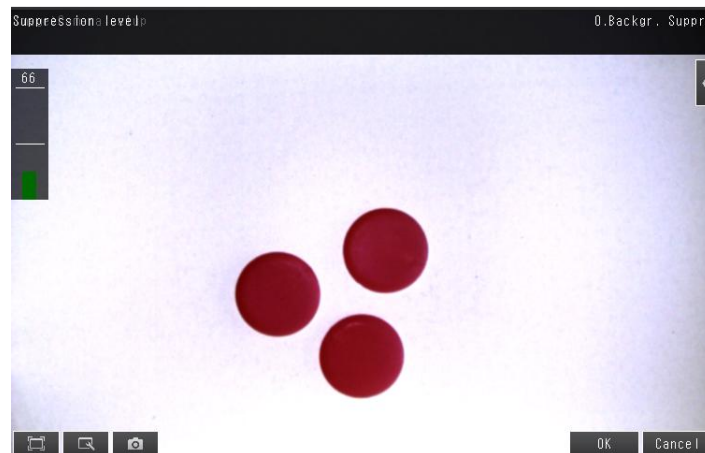


Figura 28: Aplicación de mejora de contraste

- ❖ Extracción del rango de brillo especificado. El usuario es quien fija los límites superior e inferior del rango de brillo. Tiene dos posibles opciones:
 - Ajuste común RGB: establece los mismos límites para rojo, verde y azul.
 - Ajuste individual RGB: Permite al usuario ajustar cada límite de forma específica.

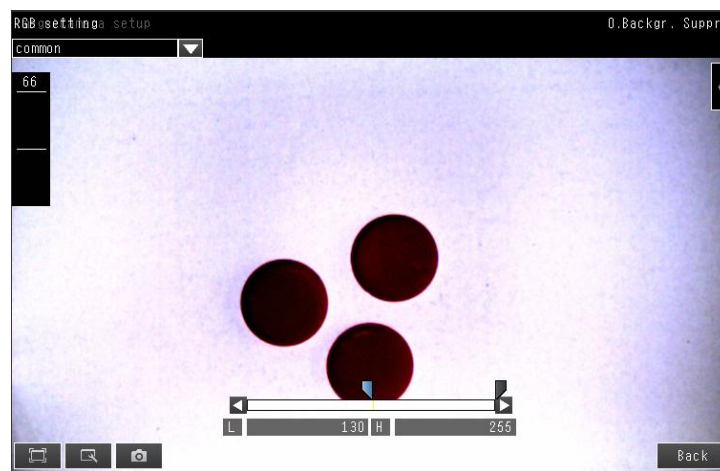
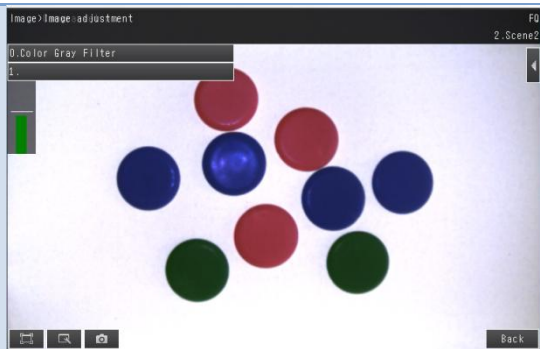
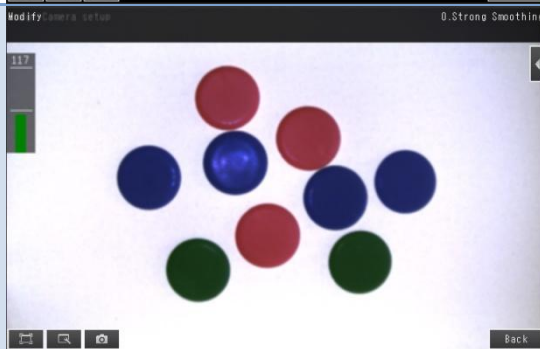
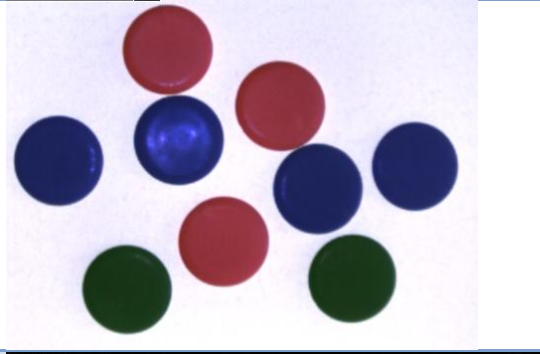
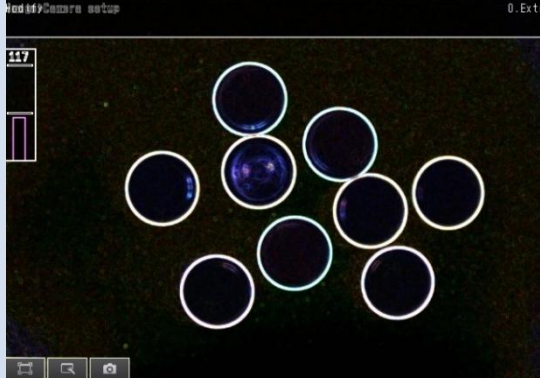


Figura 29: Aplicación de extracción de rango de brillo

4.6. Resultados de los filtros

Filtro	Resultado
--------	-----------

<p>Filtro de grises</p>	
<p>Suavizado débil y suavizado fuerte</p>	
<p>Dilatación, erosión y mediana (Se aplican juntos para comprobar mejor los efectos que producen)</p>	
<p>Extracción de bordes</p>	

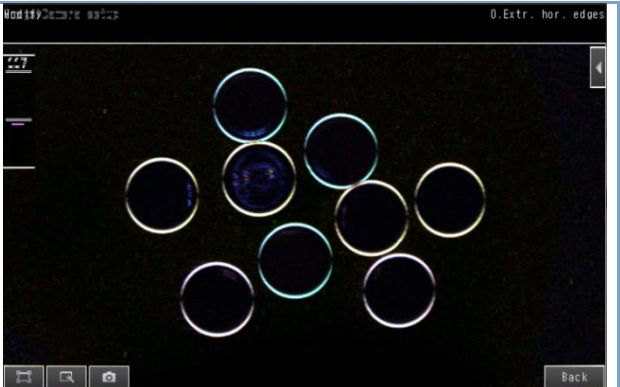
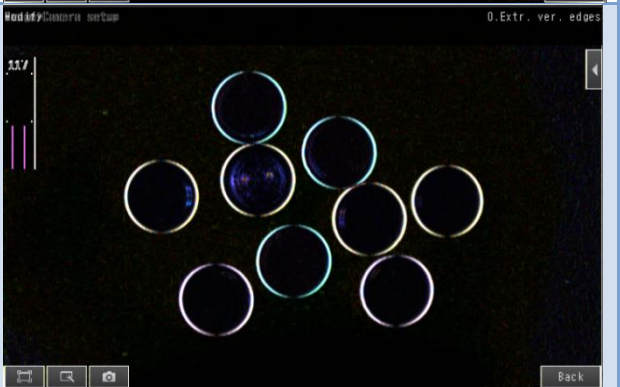
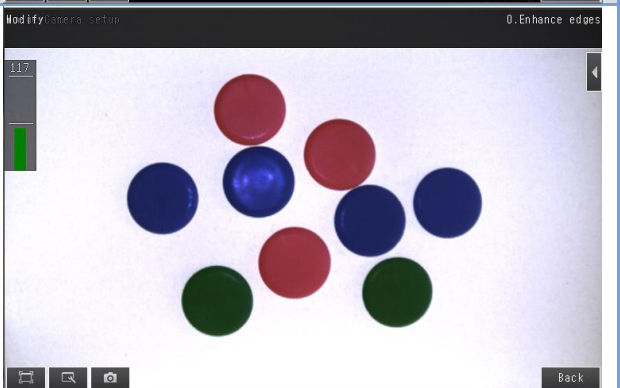
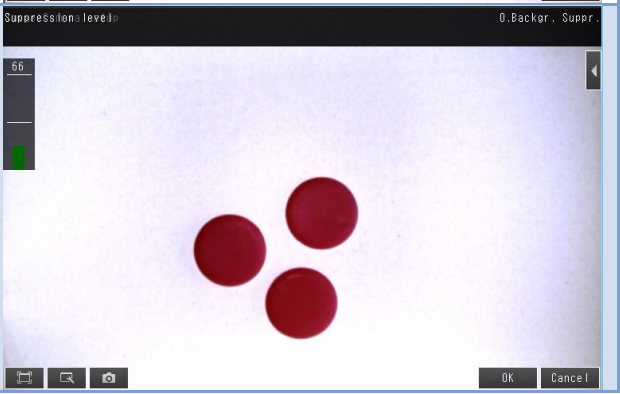
Extracción de bordes horizontales	
Extracción de bordes verticales	
Mejora de bordes	
Supresión de fondo	

Tabla 5: Resultados filtros

Capítulo 5

5. Métodos de inspección

El sensor integrado FQ2 emplea diferentes elementos de inspección para juzgar las medidas de los objetos. El sensor dispone de catorce elementos de inspección diferentes con algoritmos que permiten detectar objetos, regiones o colores.

Tipo de inspección	Método utilizado
Reconocimiento de caracteres y códigos	Lectura con OCR
	Lectura de códigos de barras
	Lectura de códigos 2D
	Lectura de códigos DPM
Evaluación según la forma	Búsqueda
	Búsqueda de forma III
	Búsqueda de forma II
Evaluación dividiendo el área de medición y juzgando de acuerdo a la forma de cada división	Búsqueda sensible
Evaluación según la posición	Posición de borde
Evaluación según las partes características de un elemento	Conteo de bordes
Evaluación según el ancho	Ancho
Evaluación según el tamaño	Área
Evaluación según el color	Color
Evaluación según formas y cantidades	Etiquetado

Tabla 6: Métodos de inspección del sensor FQ2

Para aplicar cualquier método de inspección adecuadamente, hay que realizar un proceso de aprendizaje en el sensor. En primer lugar, es necesario aplicar la configuración oportuna, como por ejemplo las conexiones. Después, una vez seleccionado el método de inspección oportuno, se realiza el aprendizaje del modelo en el modo '*Teaching*'. En esta fase, se selecciona el modelo y la zona de inspección. El modelo es lo que el sensor va a tomar como ideal, por lo que tiene que estar perfecto. La zona de inspección es el área en la que se va a buscar el modelo. Una vez realizado este paso, se pasa a ajustar los parámetros de juicio realizando pequeñas pruebas. En cada método de inspección se pueden ajustar diversos parámetros, aunque el más completo es el ajuste de la correlación, que se encarga de medir el grado de similitud de la imagen actual con la imagen modelo. Si no se detectan fallos en el algoritmo programado, se ha de proceder a registrar el algoritmo. En cambio, si se detectan errores, será necesario realizar ajustes en las medidas tomadas, para después realizar un nuevo '*Teaching*'.

5.1. Reconocimiento de cadena de caracteres

El reconocimiento de caracteres es utilizado para leer los caracteres en las imágenes de entrada como información de caracteres que se ha registrado en el sensor previamente. Los caracteres leídos se pueden enviar a un dispositivo externo.

Además, se puede comprobar que la cadena de caracteres que se leyó coincide con la que se registró previamente. En este modo se pueden reconocer números del 0 al 9 y letras de la 'A' a la 'Z'. Reconoce también algunos símbolos, los cuales son: '-', ' ', '.', ':', '/', '()'.

Cuando se ajusta la zona de medida hay que tener en cuenta diferentes parámetros a ajustar. En primer lugar, se seleccionará la opción '*Black*' cuando el fondo sea blanco y el color de los caracteres sea negro; en caso contrario, se seleccionará la opción '*White*' cuando el color de fondo sea negro y el color de los caracteres sea blanco.

Este algoritmo tiene dos posibles opciones de reconocimiento de caracteres. En el modo simple, los parámetros de medición se ajustan automáticamente hasta que los caracteres especificados coincidan con el resultado de la lectura. Este modo es útil cuando las cadenas correctas se detectan fácilmente. En el modo '*CorrectString*' es necesario introducir los caracteres que debe leer el sensor y las diferentes líneas en las cuales están ubicados.

Además, también es posible el uso de caracteres "comodín", estos caracteres se utilizan para que el sensor sepa diferencias cuándo está leyendo letras, números o símbolos. Es algo muy eficiente para determinadas aplicaciones ya que de este modo, se evitan confusiones, como por ejemplo entre el número 0 y la letra O. El código que sigue el sensor para los caracteres es el siguiente:

- ❖ ? : Reconoce cualquier carácter excepto símbolos.
- ❖ # : Reconoce cualquier número del 0 al 9.
- ❖ \$: Reconoce cualquier letra de la A a la Z.
- ❖ @ : Salto, no se emite ningún juicio de similitud ni de estabilidad.
- ❖ " : Cualquier carácter que esté solo.
- ❖ & : Cualquier símbolo de los que es capaz de reconocer.



Figura 30: Registro de caracteres en OCR

Para comprobar el buen funcionamiento de esta aplicación, se ha aplicado también un filtro de compensación de la posición.



Figura 31: Resultado de aplicar el algoritmo OCR

Los ajustes disponibles en el juicio se realizan para verificar si los caracteres que se leyeron en el modelo han sido reconocidos correctamente. Se detectan las diferencias entre la escena actual y la escena modelo y se ajustan las condiciones para determinar la precisión con la que se leen los caracteres. Cada uno de los parámetros del juicio se puede ajustar de forma manual.

Judgement	OK
Similarity	81.0000
Stability	28.0000
Read Ch.Str L1	704544
Verif. Str L1	704544

Figura 32: Ajustes de juicio disponibles

- ❖ La similitud muestra la correlación existente entre el modelo y la imagen actual. Si una imagen tiene una similitud inferior al rango establecido, el juicio será NG.

- ❖ La estabilidad muestra el grado de distorsión entre los caracteres. Si el primer carácter tiene una estabilidad de 90 con respecto al modelo y el siguiente carácter tiene una estabilidad de 25, la estabilidad del juicio será la diferencia entre ambas, 65.
- ❖ El resto de parámetros de juicio muestran los caracteres detectados y los caracteres registrados en el banco de datos.

Además, en este método de inspección también está disponible el menú de verificación. En este menú es posible registrar varias cadenas de caracteres en un banco de datos, ya sea de forma manual (introduciendo el código) o de forma automática (del mismo modo que en el modo '*Teaching*'). Otra posibilidad de la verificación es la comparación con el calendario, en esta sección será necesario que uno de los dispositivos externos tenga fecha y horas programadas, ya sea el TouchFinder, el PLC o el PC. Sin los ajustes del calendario establecidos, el resultado será cero. Por último, en este método también es posible verificar cadenas de caracteres comparando las medidas de otros métodos de inspección, con los métodos de inspección de códigos 2D o lectura de códigos de barras. Para ello, la configuración de la verificación ha de estar supeditada a la lectura del código de barras.

Después de realizar una medida, se puede utilizar la información que se ha leído con el OCR para etapas posteriores. Se pueden utilizar como salidas en conexiones en paralelo, con una conexión vía Ethernet o con RS - 232C.

Este elemento de inspección también tiene límites. El sensor solo es capaz de detectar un máximo de cuatro líneas de caracteres con un máximo de 32 caracteres en cada una. La línea de entrada ha de ser siempre la primera, es decir, en un texto con dos líneas, nunca saltará directamente a la segunda. Además, no se pueden registrar más de 16 símbolos en una misma línea.

5.2. Lectura de códigos de barras

El sensor FQ2 de Omron permite leer códigos de barras. Además, se puede verificar si la cadena de caracteres leída del código de barras coincide con una cadena de caracteres previamente registrada. Se puede enviar el resultado del juicio a un dispositivo externo.

Cuando se selecciona la región que contiene el código de barras, el algoritmo de este método de inspección detecta automáticamente de qué tipo de código de barras se trata, además muestra los caracteres del código de barras. Uno de los errores más comunes cometidos en este elemento de inspección es la lectura inestable debido al bajo contraste. Para solucionarlo, es necesario ajustar el brillo.

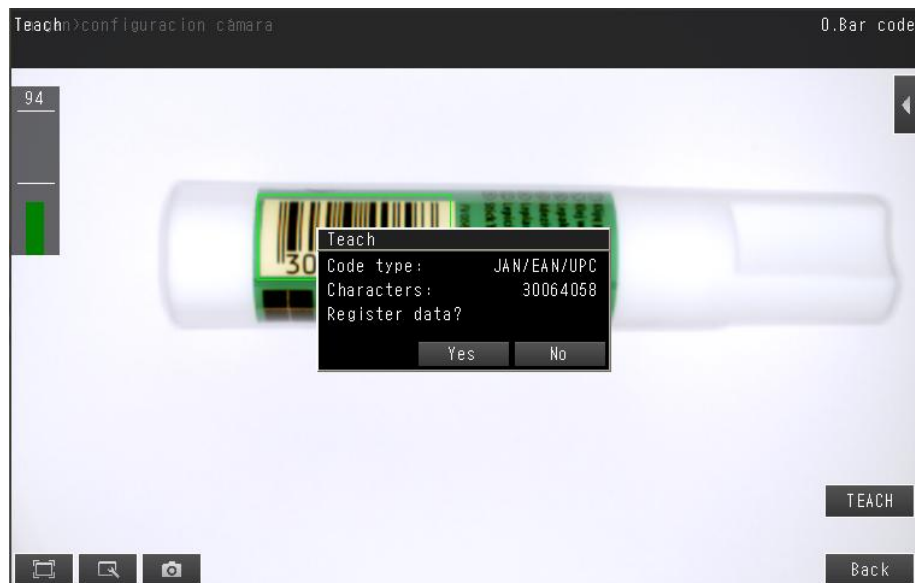


Figura 33: Datos encontrados por el algoritmo

Es posible guardar los caracteres en un registro de datos. Dispone de una lista en la cual se van guardando los distintos códigos que se desea que se detecten como buenos.

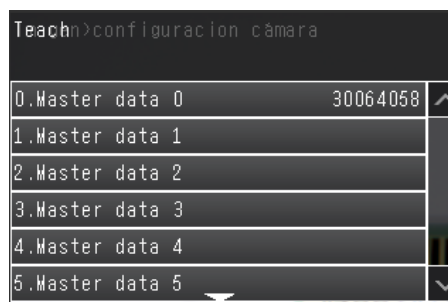


Figura 34: Registro de información en el banco de datos

Para comprobar el correcto funcionamiento, en este método de inspección es necesario verificar en el modo test. Se ha seleccionado que se muestre el número de caracteres que lee, así como que muestre los caracteres que ha leído para comprobar que la aplicación funciona.



Figura 35: Resultado de aplicar el algoritmo

En este modo, igual que en el modo anterior, también se puede realizar la verificación con el banco de datos. Se puede registrar una cadena de caracteres en el banco de datos para verificar posteriormente que coincide con las capturas que se están realizando. Es posible registrar 32 códigos distintos en el banco de datos, teniendo cada uno de ellos una longitud inferior a 32 caracteres. El resultado de la verificación se guarda en un parámetro externo, por lo que se puede utilizar cualquier comando de comunicación para que posteriormente se utilice en un dispositivo externo. Los caracteres del banco de datos se pueden introducir de forma manual o de forma automática. También se pueden realizar verificaciones con los resultados de otros elementos de inspección (códigos de barras o códigos 2D y OCR) siempre y cuando estos elementos de inspección se hayan registrado previamente.

Después de una medida, se puede llevar como salida la cadena de caracteres leída automáticamente a un PLC o a un dispositivo externo, así como los resultados de los cálculos.

5.3. Lectura de códigos 2D

El sensor FQ2 lee códigos 2D. Además también es posible realizar un reconocimiento de los caracteres que acompañan al código modelo y verificar si coincide con las pruebas. El resultado de la medida se puede enviar a un dispositivo externo. Los diferentes tipos de código que se pueden leer son los siguientes: matriz de datos (ECC200, GS1), códigos QR y micro QR y PDF417 o micro PDF417.

Para efectuar la medida, es necesario mostrar el modelo al sensor y ajustar los parámetros deseados en el modo *teaching*. El sensor es capaz de detectar automáticamente de qué tipo de código se trata. Además, del mismo modo que en el método de inspección anterior, se guardan los datos que quieran ser almacenados como válidos en un banco de datos para realizar posteriormente un juicio.

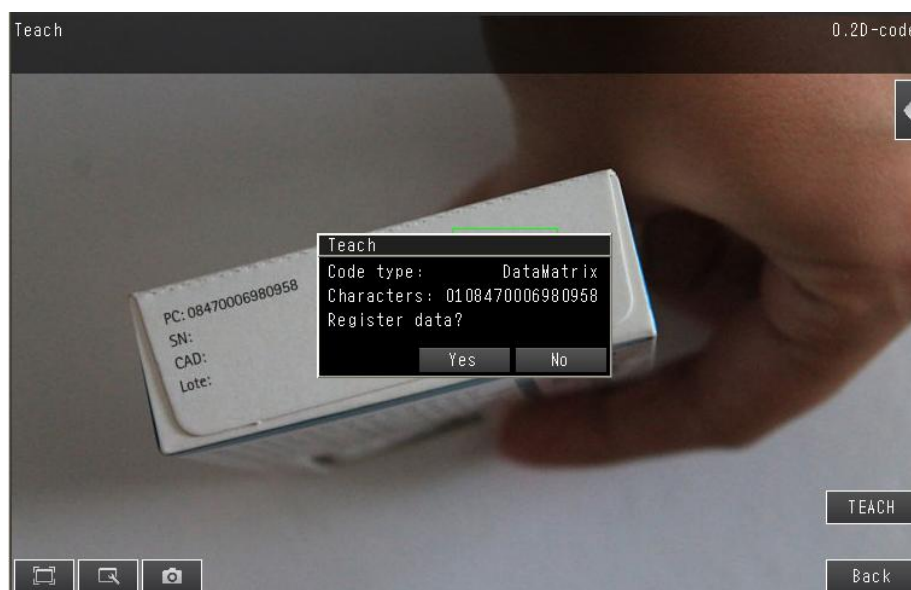


Figura 36: Registro de datos de un código 2D

Una vez se han registrado todos los códigos necesarios, se puede pasar al juicio. En esta fase, el operario puede ajustar las tolerancias según las exigencias de la aplicación. En este modo, es posible visualizar el número de caracteres que ha detectado y cuáles son los caracteres.



Figura 37: Lectura del código 2D

Aunque el propio método de inspección es capaz de detectar automáticamente el tipo de código del que se trata, también es posible que lo seleccione el usuario. Si el tipo de código seleccionado es incorrecto, la medida será incorrecta o presentará errores.

Como en los métodos anteriores, este método de inspección también tiene la opción de verificación, en la cual hay disponible un banco de datos en el que se pueden guardar distintos códigos que pueden ser válidos a la hora del juicio. El máximo de códigos a registrar es de 32, además estos códigos pueden tener más de 32 caracteres. Como en los métodos anteriores, la cadena de caracteres se puede introducir de forma automática o de forma manual. Además, también existe la opción de comparar los resultados con los que han sido leídos previamente en otros métodos de inspección; se utiliza fundamentalmente para comparar si un código de barras tiene la misma información que el código 2D.

Después de efectuar una medida, se puede llevar el juicio global o los caracteres leídos a un dispositivo externo, PC o PLC, también se pueden realizar cálculos con las medidas realizadas. El usuario puede programar como salida una cadena de caracteres que resulte cuando se hayan efectuado errores en la medida. El error más común es el mismo que el cometido en la lectura de códigos de barras, si se toman imágenes con muy bajo contraste, se efectuarán medidas erróneas, pudiendo solucionar este problema ajustando el brillo en los ajustes del sensor.

5.4. Lectura de códigos 2D (DPM)

Estos códigos están impresos directamente en el producto o en el elemento a analizar. El modo de operación del algoritmo es el mismo que el del apartado anterior. En este caso, se ha de tener en cuenta el tipo de objeto del que se trata para que el sensor sea capaz de tomar

una imagen lo más nítida posible. Para ello, es necesario ajustar parámetros como el brillo o el contraste. En este método se pueden leer dos tipos de códigos, matriz de datos (ECC200) y códigos QR.



Figura 38: Registro de código 2D (DPM)

Cuando se ha ajustado la región de inspección, el código se muestra por pantalla, una vez ajustado el modelo, cuando se ha realizado el 'Teaching', los parámetros se fijan automáticamente. Si en una misma región de inspección se detectan varios códigos 2D, la salida será únicamente el primer código escaneado.

El grado de correlación es programable, también lo son cada uno de los parámetros del juicio. Aunque es posible ajustar cuáles de esos parámetros aparecen en el juicio en los ajustes de visualización.



Figura 39: Resultado del juicio 2D (DPM)

En la fase de verificación se dispone de tres ajustes diferentes. El primero de ellos permite registrar de forma manual o automática una cadena de caracteres que posteriormente se comparará con la cadena de caracteres que entre, esta cadena de caracteres se puede

introducir de forma manual o automática. Es posible almacenar hasta 32 cadenas de caracteres diferentes en el banco de datos. El resultado de la verificación se almacena en un banco de datos externo, por lo que se puede exportar a otro dispositivo externo. Las cadenas de caracteres del banco de datos también pueden proceder de resultados de lecturas de métodos de inspección aplicados anteriormente.

En el caso de que se produzca algún error en la medida, es posible programar un mensaje de error cuya longitud no sea superior a 20 dígitos.

5.5. Búsqueda

Método utilizado para buscar determinadas formas o la presencia de algún elemento característico. De forma previa a realizar el análisis continuo de elementos, se registra el elemento a inspeccionar y se establece como modelo. A continuación, se puede proceder a realizar medidas para comprobar si está o no presente el patrón en la imagen actual.

Los parámetros que se almacenan como referencia en el modelo son los siguientes:

- ❖ Modelo: Escena establecida como referencia.
- ❖ Coordenada de abscisas de la referencia.
- ❖ Coordenada de ordenadas de la referencia.

A medida que se realiza el análisis, se muestra el grado de similitud que tiene el elemento capturado en un instante con el elemento modelo. Es posible que el operario ajuste el grado de correlación deseado, es decir, establecer una tolerancia con respecto al modelo de cada uno de los parámetros. Adicionalmente, también se pueden ajustar los límites superior e inferior de cada uno de los parámetros de juicio para realizar un análisis más exhaustivo.



Figura 40: Ajuste de la región modelo e inspección

Para este ejemplo se ha aplicado también un filtro de compensación de la posición, ya que este elemento de inspección no lo incluye. De esta forma se consigue una aplicación más precisa.



Figura 41:Resultado algoritmo búsqueda

El ejemplo anterior se ha realizado suponiendo que el área de búsqueda es rectangular. Es posible modificar esta opción y cambiar el tipo de región cuando se trate de detectar formas diferentes.



Figura 42:Posibilidades del algoritmo

El algoritmo del sensor permite detectar también si el modelo se encuentra presente aunque se encuentre oculto debajo de algún otro elemento, para ello realiza una máscara del área del modelo. El área modelo se puede habilitar o deshabilitar en el momento que desee el operario. Otra de las características presentes en este método de inspección es el aumento de la precisión de la posición, con una exactitud de hasta cuatro decimales. Además de estas características, también existe la posibilidad de obtener varios resultados simultáneamente, se utiliza para detectar todos los elementos que satisfacen las condiciones del modelo, el orden de los resultados se puede programar, por ejemplo, ordenando de forma ascendente o descendente según el grado de correlación existente entre los mismos. Después según el grado de correlación mínimo establecido, se desechan los que no cumplan las condiciones.

Uno de los errores más comunes al aplicar este método de inspección es el resultado de medidas incorrectas cuando el elemento a detectar se encuentra girado. La solución a este problema es aplicar previamente un filtro de compensación de la posición para que el algoritmo de este filtro se encargue de posicionar el elemento a detectar en la misma orientación que la que tenía el modelo; otra posible solución se encuentra en los propios ajustes de este método de inspección, en caso de optar por esta solución sería necesario

ajustar el rango de ángulo girado, de esta forma se incrementa el ángulo de búsqueda del elemento.

Es importante tener en cuenta que en este método se registran las dimensiones del elemento a detectar, por lo tanto, si se desea aplicar este método de inspección en un proceso continuo de medida, el sensor ha de estar inmóvil ya que, de lo contrario, aunque el elemento sea el mismo, las dimensiones que detecta el sensor se verían distorsionadas.

Pueden producirse errores en el modo '*Teaching*' si el contraste de la imagen modelo es muy bajo, para solucionarlo, será necesario seleccionar un área que tenga mejor contraste entre dos secciones, una clara y otra oscura en comparación con el modelo y volver a registrar esta sección como modelo.

5.6. Búsqueda de forma III

Método para una búsqueda más específica que el método anterior. Se encarga de buscar la región de la nueva escena que más se parece al modelo que previamente ha sido registrado por el operario. En este método de búsqueda es posible mostrar también el grado de correlación que existe con la imagen modelo, el ángulo girado con respecto al modelo y la posición del elemento buscado en coordenadas cartesianas.

El algoritmo del método anterior se basa en el patrón de color y brillo que tiene el elemento a buscar. En cambio, con este tipo de inspección se aplica un algoritmo que se concentra en la información del contorno que rodea al elemento de interés.

Este método de inspección permite una detección a altas velocidades y elevada precisión incluso cuando se refleja la luz en las piezas de trabajo. Además también detecta el elemento de interés cuando éste ha cambiado su orientación, cuando se superpone el ruido y cuando parte de la imagen se encuentra bloqueada.

Los parámetros que se almacenan como referencia del modelo son los siguientes:

- ❖ Modelo: Escena establecida como referencia.
- ❖ Coordenada de abscisas de la referencia.
- ❖ Coordenada de ordenadas de la referencia.
- ❖ Ángulo girado de la imagen de entrada con respecto al modelo.

Además, en este método de inspección se dispone de diferentes ajustes, entre los cuales está el de seleccionar lo que se ve por pantalla. Existen diferentes posibilidades:

- ❖ Imagen de medida: Se ve por pantalla la imagen de medida.
- ❖ Imagen de medida + Imagen del modelo: Se ve por pantalla la imagen seleccionada y la imagen de modelo detectada.
- ❖ Bordes de la imagen: Se ven los bordes de la imagen actual.
- ❖ Bordes de imagen + Imagen del modelo: Se muestra por pantalla el modelo detectado en los bordes de la imagen actual.

- Aparecen en verde los puntos del modelo que coinciden con los bordes de la imagen actual.
- Aparecen en amarillo los puntos del modelo que coinciden con la imagen actual excepto por la dirección.
- Aparecen en rojo los puntos que no coinciden.

Se muestran a continuación las cuatro posibilidades:


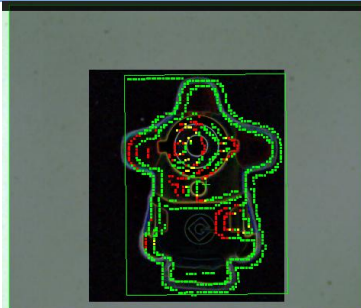

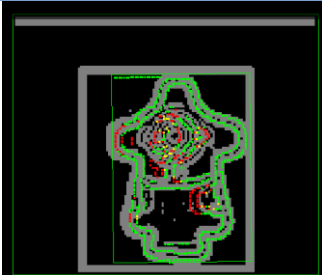
Opción	Resultado
Imagen de medida	
Imagen de medida + Imagen del modelo	
Bordes de la imagen	
Bordes de la imagen + Imagen del modelo	

Tabla 7: Opciones de visualización en método búsqueda iii

Se ha aplicado el algoritmo con los ajustes por defecto, por lo tanto, en la primera de las imágenes se puede ver el área modelo y el área de inspección, además de ello, los bordes detectados en la región modelo.



Figura 43:Ajuste de las regiones modelo e inspección

En el juicio se pueden ver los diferentes parámetros a ajustar y también las diferencias existentes entre la imagen modelo y la imagen actual.

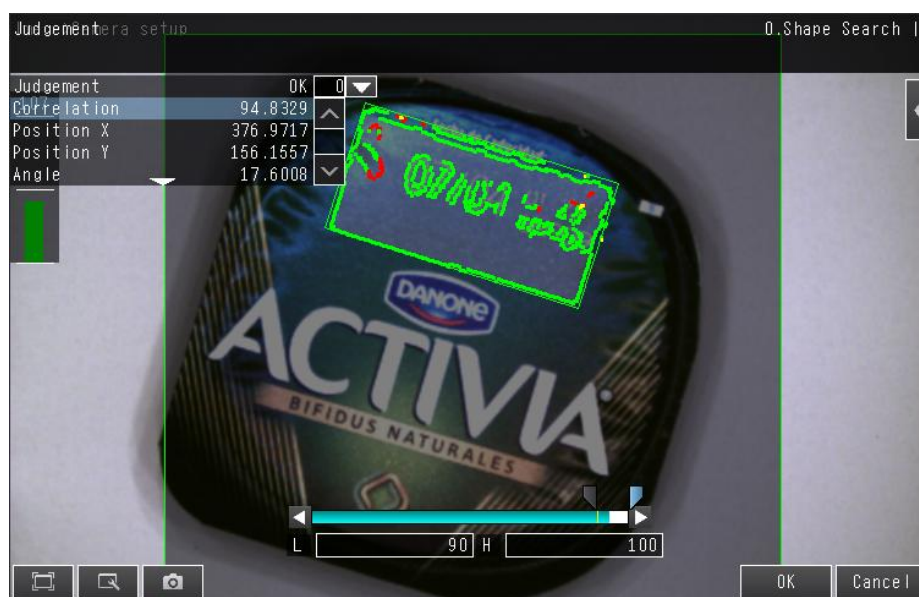


Figura 44:Resultado algoritmo búsqueda III

En el ejemplo mostrado no se ha aplicado ningún filtro de compensación de la posición, ya que este filtro detecta automáticamente el elemento de interés siempre y cuando esté dentro del área de inspección. Además, es capaz de detectar en una misma imagen el elemento de interés en caso de que éste aparezca más de una vez, en este supuesto, se podrá seleccionar el juicio individual de cada uno de ellos. En este caso, será posible ajustar el orden en el que aparece cada uno de ellos.

Cuando no se detectan de forma adecuada los bordes de la imagen modelo de forma automática, será necesario realizar ajustes en los parámetros de detección de bordes. Dentro de estos ajustes se dispone de varias opciones para mejorar la detección:

- ❖ **Tamaño de la máscara:** Es el rango de píxeles que se utiliza para la extracción de borde. Normalmente es una rejilla de 3 x 3 píxeles, pero se pueden ajustar rejillas de 5 x 5 o de 7 x 7 píxeles.
- ❖ **Nivel de detección de borde:** En las opciones por defecto, los bordes se detectan automáticamente. Puede ocurrir que no detecte los bordes adecuadamente, en este caso será necesario deshabilitar esta opción y ajustar manualmente la precisión.
- ❖ **Nivel de eliminación de ruido:** Se especifica el límite superior de ruido para eliminarlo. El ruido cuyo nivel sea inferior a este valor será eliminado.
En el proceso de eliminación de ruido, los bordes están conectados y se encuentran divididos en un grupo fijado de segmentos, estos segmentos son eliminados uno por uno para crear segmentos más pequeños.

Es posible que en algunas escenas capturadas el ángulo que ha girado el elemento con respecto al modelo sea muy elevado y el resultado sea NG aunque el elemento sea correcto. Por este motivo, existe la posibilidad de ajustar el rango del ángulo y aumentar la tolerancia. Otro de los errores más comunes en este método es que cambie el tamaño del objeto con respecto al modelo. Como ya se ha aconsejado en apartados anteriores, se obtendrán mejores resultados cuando el sensor permanezca fijo, pero en este método de inspección existe la opción de habilitar un nivel de distorsión. Este ajuste dispone de tres grados diferentes admitiendo el nivel 0 una distorsión baja y el nivel 2 una distorsión alta.

Las salidas que se pueden obtener en este método de inspección son configurables, para ello se ha de ajustar cada uno de los parámetros del juicio de forma individual, con ello se consigue que las salidas sean aquellas que cumplen con todos los requisitos. Además, los parámetros que aparecen en el juicio también son configurables, ya que se pueden deshabilitar en los ajustes.

5.7. Búsqueda de forma II

Este elemento de inspección se utiliza para buscar la región de la imagen de entrada que más se parece al patrón memorizado previamente en la imagen modelo. Este patrón de modelo se memoriza previamente teniendo en cuenta el elemento de interés. Como en el resto de los ejemplos, es posible ajustar la correlación que tiene la imagen de entrada con el modelo. Este método muestra la posición del objeto y el ángulo girado del objeto de interés en la imagen de entrada con respecto al modelo.

Este método se diferencia del método de búsqueda normal en que en este último, solo se centra en el color y el brillo de la imagen, en cambio, en el primero el algoritmo se centra en toda la información del esquema, de tal forma que permite una detección robusta a alta velocidad y elevada precisión incluso cuando la iluminación del entorno genera brillos indeseados, cuando se superpone el ruido, cuando se bloquea parte de la imagen o cuando existen otras fluctuaciones en el entorno.

Los parámetros que se almacenan como referencia del modelo son los siguientes:

- ❖ **Modelo:** Escena establecida como referencia.

- ❖ Coordenada de abscisas de la referencia.
- ❖ Coordenada de ordenadas de la referencia.
- ❖ Ángulo girado de la imagen de entrada con respecto al modelo.

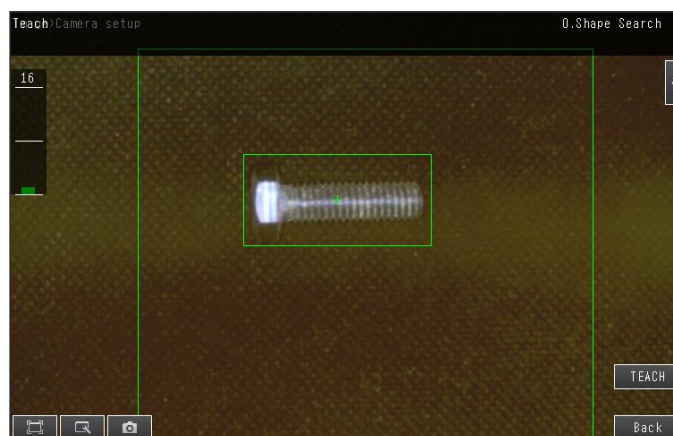


Figura 45: Ajuste de las regiones modelo e inspección

Una vez registrado el patrón modelo, se pone a prueba el método de inspección. Se ha comprobado el correcto funcionamiento en una superficie brillante, ya que es más difícil su detección y además de ello con el objeto girado

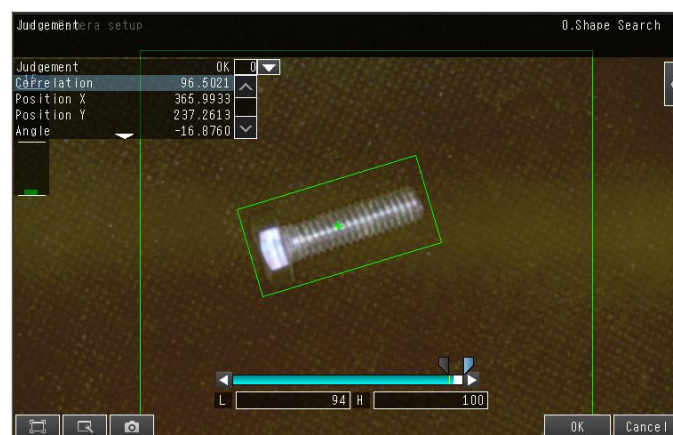


Figura 46: Resultado algoritmo búsqueda de forma II

Como en el resto de elementos de inspección, se pueden ajustar cada uno de los parámetros de juicio individualmente aunque el elemento que se ajusta mayoritariamente es el de la correlación ya que engloba al resto de parámetros.

Cabe mencionar que este método de inspección se utiliza en aplicaciones que no requieren mucha precisión, ya que en este caso se utiliza el método de búsqueda III que proporciona respuestas más rápidas y precisas además de tener la posibilidad de ajustar más parámetros para mayor variedad de aplicaciones. Este método no tiene los mismos ajustes que el método anterior, la capacidad que comparten es la de detectar en una misma imagen el elemento de interés en caso de que éste aparezca más de una vez, en este supuesto, se podrá seleccionar el juicio individual de cada uno de ellos. En este caso, será posible ajustar el orden en el que aparece cada uno de ellos.

5.8. Búsqueda sensible

Este método de inspección divide automáticamente el espacio modelo en secciones más pequeñas y realiza una comparación con la escena que se está analizando para obtener los detalles. La salida es la correlación más baja. Este método se utiliza cuando las diferencias entre la imagen modelo y la escena de medición son tan pequeñas que una búsqueda normal no las detectaría.

Los parámetros que se almacenan como referencia del modelo son los siguientes:

- ❖ Modelo: Escena establecida como referencia.
- ❖ Coordenada de abscisas de la referencia.
- ❖ Coordenada de ordenadas de la referencia.

Se utiliza en industrias donde la precisión es muy importante, por ejemplo en la fabricación de productos electrónicos.

Es posible ajustar la precisión de las medidas en aplicaciones que requieran elevada exactitud ya que puede calcular con una precisión de hasta cuatro decimales. Además, dependiendo de la búsqueda que se desee hacer, también es posible ajustar el número de divisiones que tendrá la región del modelo.

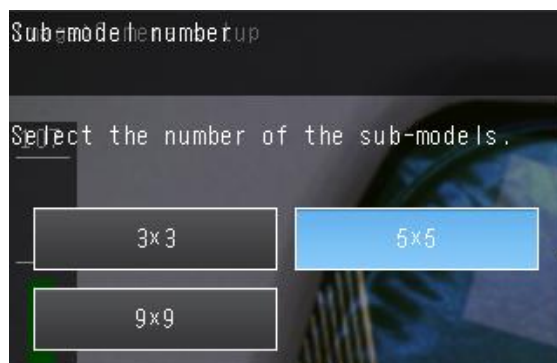


Figura 47: Ajuste del tipo de rejilla

La imagen mostrada como modelo a la cámara es la siguiente. Se ha programado el algoritmo con una rejilla de 5 x 5. Además de ello, se ha programado también compensación de la posición previamente, ya que al ser tan preciso este elemento de inspección, sin aplicar este filtro no sería capaz de detectar el elemento de interés.



Figura 48:Ajuste de las regiones modelo e inspección

Para poner a prueba la aplicación, se ha probado en primer lugar con el mismo elemento rotado.



Figura 49:Resultado válido de búsqueda sensible

Se ha bajado el rango de tolerancia porque es un método que se utiliza en aplicaciones que requieren elevada precisión, un cambio mínimo de luz en una de las secciones provoca un cambio de resultado.

A continuación, se prueba la efectividad del método de inspección en ausencia de algunas pastillas. El algoritmo muestra dónde detecta cambios.

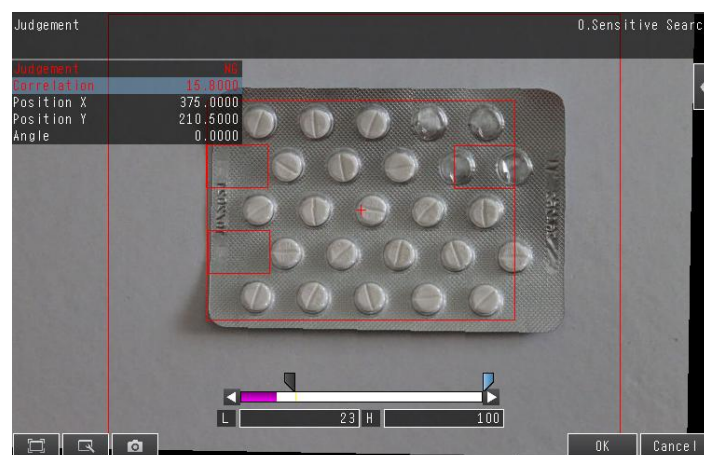


Figura 50:Resultado no válido de búsqueda sensible

Para aplicaciones que requieran elevada exactitud, se puede incrementar la precisión de la medida habilitando este parámetro en los ajustes de las medidas.

Este método juzga cuándo una imagen cumple o no con las condiciones basándose en la correlación que tiene con el patrón registrado previamente. Es por este motivo que si el objeto actual se encuentra girado, la correlación será baja y el resultado será NG. Esto se puede evitar aplicando un filtro de compensación de posición o ajustando el rango del ángulo girado.

5.9. Posición de borde

Método que detecta la posición de un objeto. El sensor detecta un borde cuando la escena experimenta un cambio de color. Se realiza un barrido de la región de medida en la dirección de la flecha central, una vez que esté ajustada la región de medida, se establece esa escena como escena modelo.

Los parámetros que se almacenan como referencia son los siguientes:

- ❖ Coordenada de abscisas de la referencia.
- ❖ Coordenada de ordenadas de la referencia.

De la misma forma que en el método de inspección anterior, cuando se ejecuta esta función, el sensor muestra el grado de relación que tiene con la imagen del modelo. El operario tiene la posibilidad de modificar cada uno de los valores del juicio de forma individual. Del mismo modo que el resto de métodos de inspección, se pueden programar los parámetros del juicio que aparece por pantalla.



Figura 51: Ajuste de las regiones modelo e inspección

Para probar este algoritmo, se ha aplicado previamente el filtro de compensación de posición, ya que sin aplicar este, no sería posible detectar el mismo objeto girado.



Figura 52: Resultado algoritmo posición de borde

Si no se detectan los bordes, existen ajustes que incrementan la precisión de la aplicación. Se puede modificar la densidad de los colores que se detectan como bordes. Si se modifican estos valores es necesario volver a pasar por el modo '*Teaching*'. Cuando se modifica el parámetro de la densidad de color, los bordes se detectan de la siguiente forma:

- ❖ Se determina el color mayoritario en la región de medida.
- ❖ Variaciones mínimas de color están al 0%, variaciones máximas al 100%.
- ❖ La localización en la cual el cambio de color coincide con el nivel establecido previamente se marca como borde.

En ocasiones, el ruido puede provocar errores y detectar bordes inexistentes, en estos casos se puede ajustar el nivel de ruido a partir del que se debe considerar inadecuado. Si la diferencia entre el máximo y el mínimo del color cambia en la región a un nivel inferior al nivel del ruido, se asumirá que no hay borde. Por lo tanto, se deberá aumentar este valor si el ruido se detecta como un borde.

Otro error común en este método es la detección automática de un borde indeseado en el proceso de '*Teaching*'. Para que se detecte el borde adecuado, será preciso fijar el color que se quiere detectar manualmente. No es posible modificar la forma de la región del modelo por lo tanto, será rectangular. Para este modo de detección hay dos posibles opciones:

- **COLOR IN:** Detecta como borde cualquier posición donde el color cambia de otro color con respecto al color especificado.
- **COLOR OUT:** Detecta como borde cualquier posición donde el color cambia del color especificado a otro color.

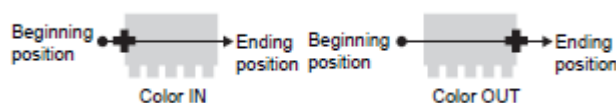


Figura 53: Modos de detección de borde

Otra posibilidad es elegir el color del borde utilizando la paleta de colores, se fijarán automáticamente los valores RGB.

5.10. Ancho

Método utilizado para medir una dimensión. Detecta los puntos de la escena en los que se experimenta un gran cambio en el color. Realiza la medición en direcciones opuestas, de tal forma que detecta el ancho del elemento que está midiendo.

Del mismo modo que en los métodos anteriores, se configura el área de medida de una escena modelo.

El parámetro almacenado es:

- ❖ Ancho de referencia de la escena modelo.

Una vez ajustados todos los parámetros, el operario puede ajustar el grado de tolerancia de las medidas tomadas para que sean aceptadas o rechazadas.



Figura 54: Resultado algoritmo ancho

En el juicio, se puede ajustar el tipo de dato de salida.

- ❖ Cuando el tipo de resultado se ha fijado en un valor fijo, se puede ajustar un rango específico en el ancho de referencia. El valor mínimo es el 0 y el valor máximo es el 99999.
- ❖ Cuando el tipo de resultado se ajusta para dar valores relativos, el límite inferior es el -99999 y el límite superior es 99999.
- ❖ Se puede ajustar el resultado a valores porcentuales. El valor mínimo es el 0% y el máximo es 99999%.

En todos los valores citados anteriormente se pueden ajustar los límites superior e inferior para que sean acordes con la aplicación.

El ruido que pueda haber en determinadas imágenes puede ser eliminado de la misma forma que se ha descrito en el apartado anterior.

Si el sensor no es capaz de detectar los bordes de la escena modelo, aparecerá un mensaje de error y no se efectuará la medida. Esto puede ocurrir cuando el color del objeto de medida es diferente con respecto al color seleccionado. Para que el algoritmo funcione correctamente,

será necesario fijar el color de nuevo. Otro de los motivos por los que puede ocurrir es porque el nivel de ruido de la imagen es muy elevado, será necesario ajustar este parámetro.

5.11. Conteo de bordes

Este método de inspección se utiliza para detectar bordes a partir de los cambios en el brillo dentro de una región. Se encuentran los bordes en la región de medida y se muestra como salida el número de bordes, la distancia entre los puntos medios de cada elemento detectado y la anchura de cada elemento.

El parámetro almacenado es:

- ❖ Ancho de referencia de la escena modelo.



Figura 55: Resultado algoritmo conteo de bordes

Los parámetros del juicio son programables individualmente. Los límites superior e inferior de cada uno de ellos son de 99999 a 0 respectivamente, exceptuando el primero de los parámetros cuyo límite inferior es 0 y superior 1000.

- ❖ Número de bordes: Cuenta el número de bordes que detecta.
- ❖ Distancia media entre los bordes.
- ❖ Distancia máxima entre cada elemento.
- ❖ Distancia mínima entre cada elemento.
- ❖ Anchura media de cada borde.
- ❖ Máxima anchura.
- ❖ Mínima anchura.

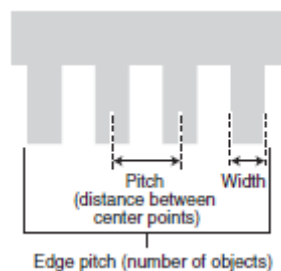


Figura 56: Esquema parámetro de juicio conteo de bordes

Este método de inspección es muy similar al método descrito en el apartado anterior, ya que detecta varios bordes en una sección determinada. Los posibles problemas que pueden aparecer se deben a cambios en el color del elemento con respecto al color programado y problemas con el ruido que pueda presentar la imagen a analizar.

5.12. Área

Método utilizado para la medición de tamaños. El algoritmo utilizado mide el tamaño de la región de la escena que no cambia de color, calcula el tamaño contando el número de píxeles. El resultado final indica el área del color especificado en la escena. La información que recoge este método se basa en el color que predomina en la región del modelo. En el caso de querer detectar el espacio ocupado por otro color, se ha de especificar el color en los ajustes del algoritmo.

Una vez establecido el área de referencia, los parámetros almacenados son los siguientes:

- ❖ Color: Color del área que se está midiendo. El color registrado para medir el área será el color que se presente de forma mayoritaria en la escena modelo.
- ❖ Área de referencia: Corresponde al espacio ocupado por el color mayoritario.

En la puesta en marcha de este método el operario puede realizar cambios en el grado de correlación que tiene con la imagen modelo.

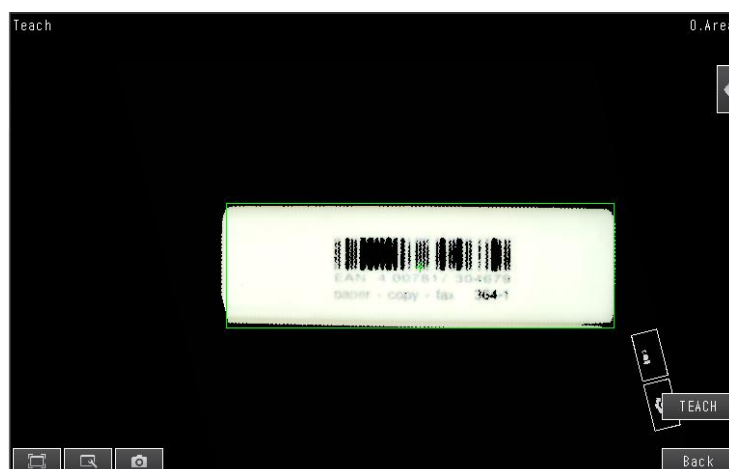


Figura 57: Selección del área modelo

El valor dado en el parámetro área varía según sea el tipo de dato seleccionado para el resultado.

- ❖ Valor absoluto: Proporciona un valor de 0 a 99999 con una precisión de hasta cuatro decimales. Son las coordenadas de la imagen.
- ❖ Valor relativo: Proporciona un valor de -99999 a 99999 con una precisión de hasta cuatro decimales. Corresponde a la diferencia con respecto al área del modelo.
- ❖ Valor porcentual: Proporciona un valor de 0% a 99999% con una precisión de hasta cuatro decimales.



Figura 58: Resultado algoritmo área

El algoritmo de este método de inspección permite también detectar más de un color y por lo tanto realizar varias medidas teniendo en cuenta el color. Es posible seleccionar los colores de los cuales ha de recoger información en la paleta de colores disponible en los ajustes de este método, además permite seleccionar hasta cuatro tonalidades diferentes.

En algunas ocasiones, debido a algún brillo indeseado o a que el objeto a analizar presente alguna cavidad, pueden producirse errores en las medidas. Para eliminar estos defectos se puede realizar una conversión binaria que se encarga de cubrir las zonas con cavidades o brillos con el color deseado. Dispone de tres modos distintos en el submenú de rellenado:

- ❖ Ninguno: Los agujeros no son rellenados.
- ❖ Relleno de agujeros: El área procesada que se encuentra rodeada del color seleccionado se rellena con el propio color automáticamente.



Figura 59: Relleno de agujeros

- ❖ Relleno de contorno: Mide la distancia entre el primer punto de extracción y el último en la dirección X en la región de medida que tiene el color seleccionado. Rellena las regiones que no tengan el color seleccionado en el eje X.



Figura 60: Relleno de contornos

5.13. Color

Método utilizado para detectar la presencia de un color diferente en el área de medida. Se configura el color de referencia en el área del modelo, después calcula el valor medio del color dentro de la región señalada.

Los parámetros almacenados en este método de inspección son los siguientes:

- ❖ Referencia de color rojo.
- ❖ Referencia de verde.
- ❖ Referencia de azul.

Al igual que en el resto de métodos, es posible que el operario ajuste la tolerancia de los datos obtenidos en el color cuando ejecute medidas continuas.

Se programa el algoritmo para que detecte fichas rojas, además se aplica compensación de posición para que detecte la ficha que está en la misma posición.

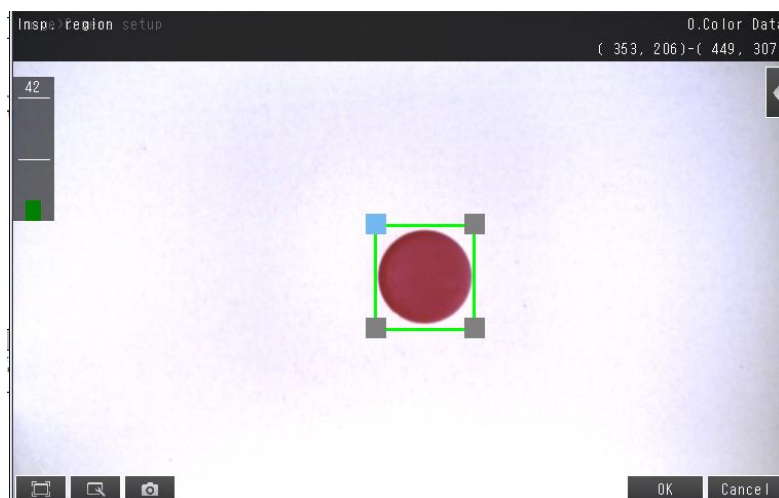


Figura 61: Selección del área modelo

Se realiza un juicio en dos imágenes diferentes para comprobar cómo detecta la diferencia de color en las fichas. Los parámetros del juicio son los siguientes:

- ❖ Diferencia de color: muestra la diferencia de color que existe entre la media de color de la imagen actual modelo y el color de referencia de la imagen modelo. El límite inferior es 0 y el límite superior es 442.
- ❖ Desviación de color: Diferencia de color con respecto al modelo. Límite inferior 0 y límite superior 221.
- ❖ Media de rojo: Diferencia entre la media de color rojo de la imagen actual con respecto al modelo. El límite inferior es 0 y el superior 255.

- ❖ Media de verde: Diferencia entre la media de color verde de la imagen actual con respecto al modelo. El límite inferior es 0 y el superior 255.
- ❖ Media de azul: Diferencia entre la media de color azul de la imagen actual con respecto al modelo. El límite inferior es 0 y el superior 255.

Los tres últimos parámetros no aparecen por defecto, es necesario programarlo en los ajustes del algoritmo.

La primera imagen muestra la detección de rojo, en este caso, como la aplicación se ha creado para que detecte como válido el color rojo, la variación de color ha de ser muy pequeña, por ello los límites del juicio se han ajustado en gran medida.

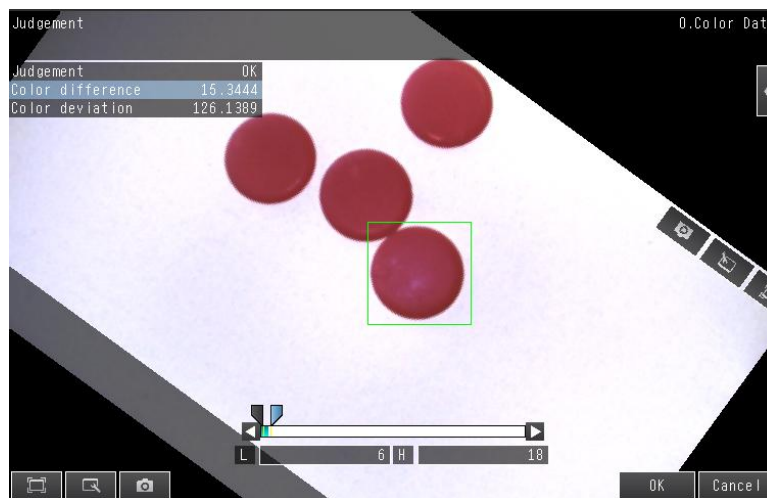


Figura 62:Resultado algoritmo detección de color OK

En el siguiente caso, se puede comprobar que cuando detecta una diferencia de color mayor de 15, el resultado es NG.



Figura 63:Resultado algoritmo detección de color NG

5.14. Etiquetado

Este método de inspección toma como etiqueta una región del color que se desea medir. Se pueden ordenar estas etiquetas por posición y tamaño y asignarles números. Genera como salida el número total de etiquetas, el tamaño y la posición de la etiqueta deseada. Es posible especificar un máximo de cuatro colores diferentes.

Los datos almacenados en este método de inspección son los siguientes:

- ❖ Área de referencia: Se fija automáticamente el área de la etiqueta 0.
- ❖ Posición de referencia de abscisas de la etiqueta 0.
- ❖ Posición de referencia de ordenadas de la etiqueta 0.

En primer lugar, se registra la zona modelo. Para que detecte como etiqueta la ficha roja se establece el color de la ficha como el color que tiene que detectar. Si no se programa manualmente ningún color, el algoritmo tomará la información del color que predomine en la escena.

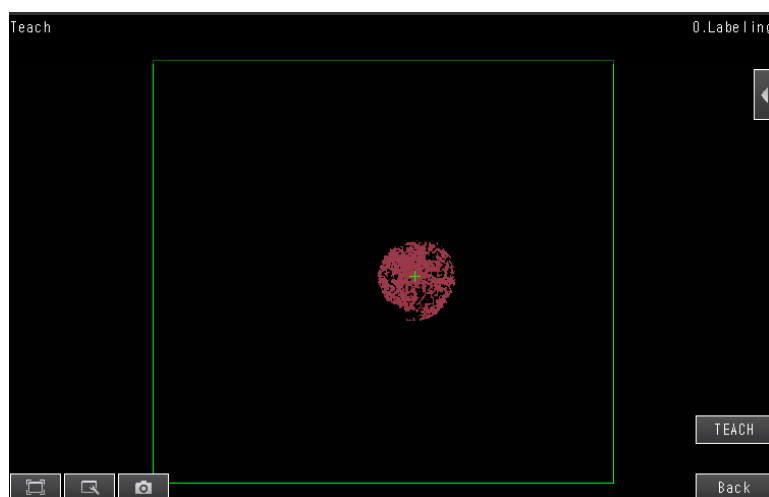


Figura 64: Configuración de etiquetado

Los parámetros que proporciona el juicio son los siguientes:

- ❖ Número de etiquetas detectadas: Valor de 0 a 100.
- ❖ Área total de las etiquetas: Valor de 0 a 999999999.
- ❖ Área de la etiqueta seleccionada: Valor de 0 a 999999999.
- ❖ Centro de gravedad en el eje X: Valor de 0 a 999999999.
- ❖ Centro de gravedad en el eje Y: Valor de 0 a 999999999.
- ❖ Ángulo de giro: Rango de -180 a 180.

A la derecha de los valores anteriores se encuentra un desplegable en el que se muestran los datos de las diferentes etiquetas detectadas. En el caso de la imagen inferior, los datos corresponden a la primera etiqueta que ha detectado.

Si el color que detecta no es el deseado, se puede incrementar el rango de color. Para que este método sea más eficiente se puede combinar con el método de inspección de áreas, ya que en

él se puede establecer el color del área a medir. De este modo, se puede medir más de un color utilizando la paleta de colores y seleccionando cada uno de forma individual.

Se pueden cambiar las condiciones de la detección de etiquetas desde su menú principal. Es posible la extracción del color principal o convertir la imagen a binario para realizar una extracción estable de las etiquetas y sus características o para marcar etiquetas dentro de la región de medición. Del mismo modo que en el método de inspección de medición de áreas, si se trata de elementos que presentan perforaciones, éstas se pueden eliminar utilizando dos opciones de llenado.

- ❖ Relleno de agujeros: El área procesada que se encuentra rodeada del color seleccionado se rellena con el propio color automáticamente.
- ❖ Extracción de la imagen: Esta opción es adecuada cuando hay áreas del color especificado dentro de la región de medida. Si se selecciona este método, todas las regiones externas a la región de medida se cambiarán al color especificado.



Figura 65: Extracción de imagen

Los resultados del juicio se pueden ordenar atendiendo a diferentes criterios, como por ejemplo según el área de forma ascendente o descendente o según la posición en X o en Y.

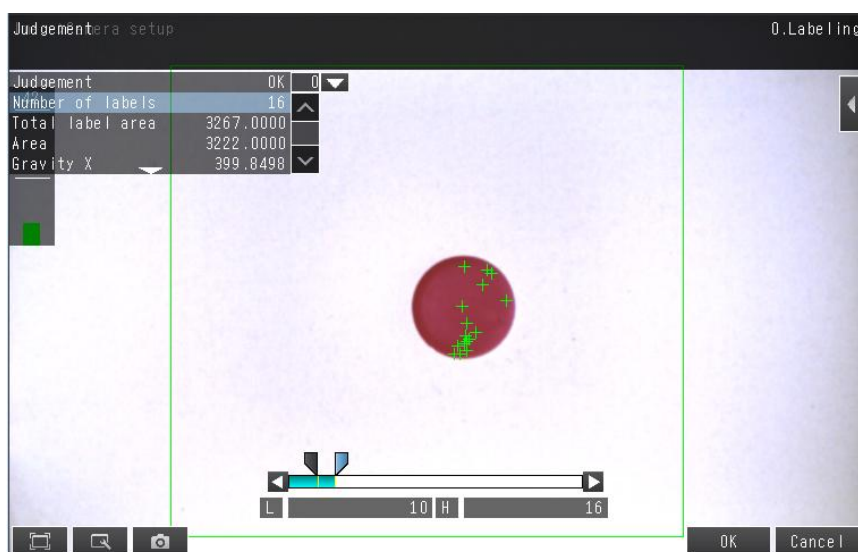


Figura 66: Resultado algoritmo etiquetado i

Para comprobar que solo detecta el color rojo, se hace un juicio en presencia de fichas de otros colores a parte de las rojas.

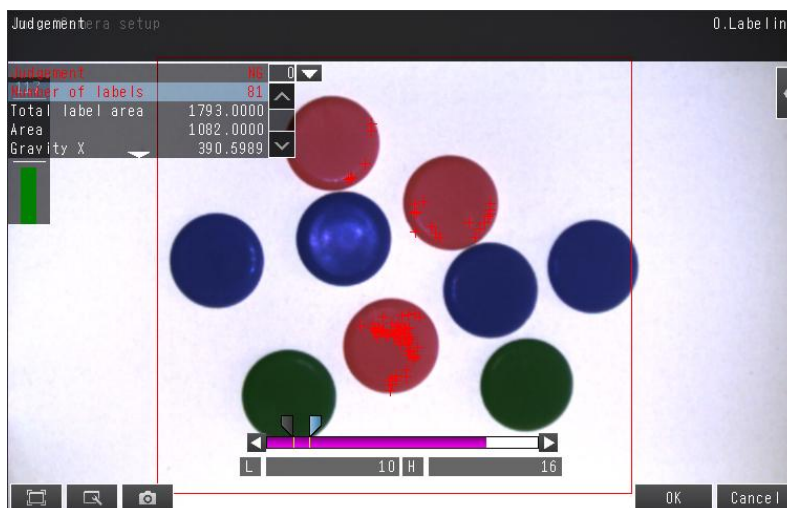


Figura 67: Resultado algoritmo etiquetado ii

Como en el resto de los métodos de inspección, es posible ajustar la tolerancia de cada uno de los parámetros del juicio. En el caso anterior, el resultado ha sido negativo porque no cumple con los valores de tolerancia del juicio, pero se puede comprobar cómo detecta únicamente etiquetas en las fichas rojas.

5.15. Cálculos

Los resultados de los juicios de los métodos de inspección y los datos de las medidas tomadas se pueden emplear para realizar operaciones con los mismos. Es posible realizar operaciones aritméticas, lógicas y también funciones trigonométricas. Los resultados de los cálculos realizados se pueden visualizar en el juicio global. De la misma forma que en todos los métodos anteriores, se pueden ajustar las tolerancias de estos cálculos.

En esta sección del software se pueden utilizar hasta 32 expresiones diferentes, además estas expresiones se pueden combinar. Los valores que se pueden utilizar son los siguientes:

- ❖ Filtros de imagen y datos de compensación de posición (medidas, valores de referencia y resultados del juicio).
- ❖ Datos de los métodos de inspección (medidas, valores de referencia y resultados del juicio).
- ❖ Constantes.
- ❖ Otros resultados de cálculos.

Los resultados del juicio de los cálculos pueden ser datos para posteriores operaciones, vía Ethernet o se pueden grabar en un banco de datos en el ordenador o en la tarjeta SD que es posible conectar al sensor.

El proceso de medida es el siguiente:

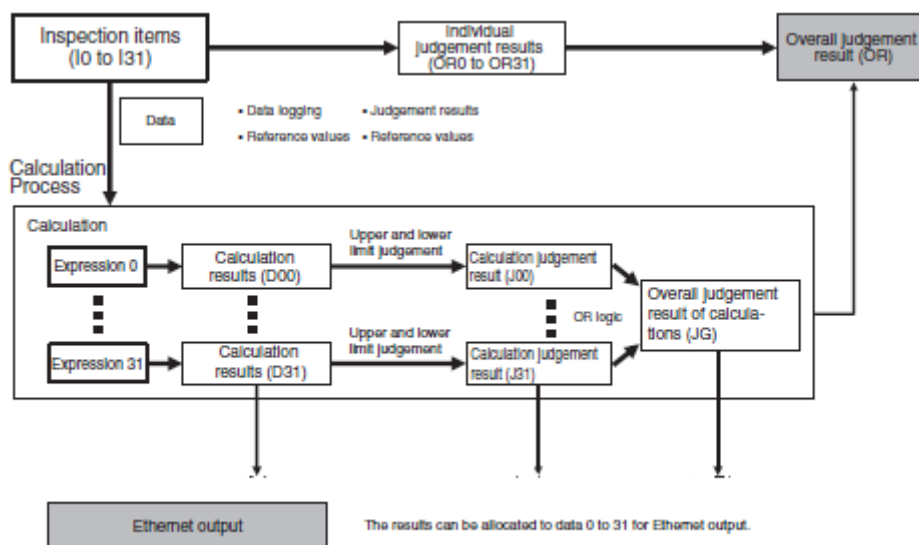


Figura 68: Proceso de medida

Una de las aplicaciones más comunes de los métodos de cálculo del sensor es el cálculo de la distancia entre dos puntos de medida. Esta herramienta es posible ya que esta sección dispone de un algoritmo de cálculo "DIST" que calcula la distancia entre dos puntos; estos dos puntos pueden ser definidos con el método de inspección de búsqueda de borde, de esta forma se guarda la coordenada de abscisas y la de ordenadas de cada uno de los puntos. El resultado del cálculo es la distancia entre los puntos en ambos ejes.

Otra posibilidad de cálculo entre los métodos de inspección es la medida de la similitud de los caracteres de dos regiones diferentes de medida. Esto es posible ya que uno de los parámetros registrados en el juicio de registro de OCR es el grado de similitud de la imagen actual con el modelo. Después se puede hacer uso de las funciones "MIN" o "MAX" entre ambas regiones.

El algoritmo de cálculo programado no puede tener una longitud superior a 255 caracteres. No es necesario establecer siempre un algoritmo de cálculo, ya que el sensor proporcionará igualmente un resultado, siempre que los juicios de los diferentes algoritmos empleados sean válidos, el sensor dará como resultado OK. En cambio, si el juicio de alguno de estos métodos no son válidos, la salida será NG. En el caso de aplicar algoritmos de cálculo, aunque los resultados de los algoritmos previos sean válidos, si el resultado del cálculo es NG, la salida que proporcionará el sensor será NG.

Se adjunta en el apartado de anexos información detallada a cerca de cada una de las funciones de cálculo que incorpora el software del sensor y una tabla sobre los diferentes resultados que se pueden utilizar y qué significa cada uno de los valores obtenidos en los juicios.

Capítulo 6

6. Aplicación diseñada

Se ha diseñado una aplicación relacionada con la industria farmacéutica para demostrar la efectividad del sensor. Esta aplicación se diseña con objeto de realizar el control de calidad de los estuches de fármacos de forma rápida y efectiva. Corresponde a uno de los últimos procesos de estas industrias y se encarga de verificar las caras frontales de cada uno de los envases que vayan circulando por una cinta transportadora.

Se pretende con la misma desechar aquellas cajas que no cumplan con los requisitos necesarios para su verificación. El uso de este sensor en esta aplicación implica un gran avance ya que permite identificar con único dispositivo todos los elementos de interés necesarios en la cara frontal, de no ser así serían necesarios sensores de diversos tipos para comprobar cada uno de los elementos dispuestos de forma específica para cada envase. El uso de este sensor implica poder realizar el análisis de cualquier estuche ya que el ángulo de visión que abarca es muy amplio y el tamaño de las regiones es fácilmente programable.

En esta aplicación se hace uso de los siguientes filtros del sensor integrado FQ2:

- ❖ Compensación de posición: Se presupone que cada uno de los estuches irá girado con respecto al modelo, aplicando este filtro se consigue que la caja siempre tenga la misma orientación para los métodos de inspección siguientes.
- ❖ Reconocimiento de caracteres: Se aplica el método de inspección OCR. Aplicando este método de inspección se leerán los caracteres del código nacional del estuche.
- ❖ Código de barras: Aplicando este método de inspección se detecta el tipo de código de barras del objeto y se leen los caracteres que éste representa.
- ❖ Búsqueda de forma: Aplicado para buscar los símbolos de los que debe disponer el estuche, como por ejemplo el punto SIGRE o dispensación con receta médica.

Para asegurar que la aplicación funciona correctamente, se han creado expresiones en los algoritmos de cálculo que hacen que la aplicación sea más precisa.

La aplicación realiza el control de calidad de diferentes cajas de fármacos. Para ello, es necesario disponer de una cinta transportadora por la que irán circulando los estuches. Además de, se utilizan un sensor de proximidad que detecta la presencia de un estuche justo antes de llegar al sensor y un PLC que controle la salida de las cajas defectuosas de la cinta transportadora a partir de la información de las salidas del sensor FQ2.

6.1. Banco de imágenes

En primer lugar, para que el algoritmo funcione correctamente se va a realizar para la aplicación un banco de imágenes que consten del mismo objeto, pero realizando variantes.

Estas variantes consisten en cambiar la orientación del objeto o conseguir que aparezca algún brillo para eliminar los brillos en la escena capturada.

Para crear el banco de imágenes existen dos posibilidades:

- ❖ La primera de ellas es utilizar la cámara físicamente y realizar la captura de las escenas con ella. Para ello, es necesario tener instalado en el ordenador el software TouchFinderfor PC y también tener conectado el sensor al ordenador. Las capturas se pueden hacer directamente desde el ordenador.
- ❖ La segunda de las opciones es utilizar otra cámara y realizar la captura de imágenes con ella. Después, se puede trabajar con las imágenes capturadas en el modo virtual del software.

Es recomendable realizar las capturas con el sensor de forma física ya que de esta forma, las imágenes se registran automáticamente en la memoria. En este proyecto se ha utilizado la segunda opción, ya que no se disponía del sensor de forma física.

Las imágenes del banco de pruebas se han realizado con la cámara Canon EOS 1100D, además se ha utilizado un trípode para estabilizar la cámara. Las imágenes han sido capturadas a una distancia de 30 centímetros desde el objeto hasta el objetivo de la cámara. Las características de las imágenes han sido F5.6 a una velocidad de obturación de 1/125 e ISO 800.

Se han realizado pruebas con tres productos diferentes para detectar diferentes elementos. Cada uno de ellos tiene un algoritmo distinto, aunque se hayan aplicado los mismos métodos de inspección. Por lo tanto, si se utiliza el banco de imágenes de un producto en un algoritmo diferente al que ha sido creado para él, este no funcionará.

Para que el software de programación del sensor pueda leer las imágenes capturadas con la cámara es necesario realizar su conversión. En primer lugar, se ha realizado la conversión de la resolución. Las imágenes del banco de pruebas tenían una resolución de 4272 x 2848 píxeles, además de estar en un formato inadecuado. Para realizar esta conversión se ha utilizado el software de edición fotográfico PhotoScape. La resolución de las imágenes ha de ser de 752 x 480 píxeles para que el programa las reconozca; además las imágenes han de estar en formato bmp.

El tipo de formato utilizado en las imágenes es muy importante, ya que registra las imágenes como mapa de bits. En este formato se divide la imagen en diferentes celdas, cada una de ellas tiene un valor de color y luminancia propio. Los píxeles que tiene la imagen constituyen una unidad de información, dependiendo del tamaño de la imagen, o de la resolución deseada, los píxeles tendrán tamaños distintos.

Al modificar el tamaño de las imágenes originales, se modifica la distribución de los píxeles, por lo tanto, al redimensionar la imagen, es normal que se cambie la coloración de algunos de ellos, ya que su resolución disminuye. En algunas ocasiones, la calidad de la imagen puede verse afectada. En las imágenes modificadas para este TFG, al tratarse de objetos que no son muy pequeños, no se ha perdido excesiva calidad, pero es posible ver el efecto del redimensionamiento cuando se aplica el filtro de compensación de posición.

Es importante realizar la captura de la imagen modelo a la misma distancia que posteriormente tendrá el sensor al objeto, ya que si no se producirán errores en las medidas programadas. Además, si se produce un cambio de velocidad en la cinta transportadora, será necesario reajustar el tiempo de retardo después de realizar el disparo.

6.2. Sensor de disparo

El disparo del sensor se puede realizar mediante medición de pulsos externos o mediante medidas continuas. En esta aplicación se van a realizar medidas por cada disparo externo.

Para ello será necesario un sensor de disparo, puede emplearse también un PLC, pero como está orientado a realizar una captura en función de si pasan o no elementos, se ha optado por un sensor de proximidad.

Estos sensores tienen un retardo hasta que la señal llega al sensor para realizar el disparo y tomar las medidas. Esta señal es la señal de entrada más importante del sensor ya que es la que envía la orden. Para garantizar que las imágenes capturadas con el sensor son adecuadas para realizar las posteriores medidas, se dispone de un ajuste que permite realizar la captura con un tiempo de retardo ajustable. Este ajuste se denomina "Trigger setup". Para programar este tiempo, el sensor realiza diferentes capturas desde que le ha llegado la señal de disparo, de esta forma, el operario puede seleccionar la imagen que más se ajuste al modelo. La ruta necesaria para programar este retardo es la siguiente: [Image] > [Trigger setup] > [Trigger delay].

La entrada es la señal de disparo, a partir de este momento el sensor va tomando capturas sin parar del objeto. El rango es de hasta 163 ms.



Figura 69: Ajuste de la captura después del disparo

De entre todas las capturas que se hayan realizado, será posible elegir la que mejor se ajuste a las características necesarias.

El funcionamiento es el siguiente:

1. Cuando el sensor de proximidad detecta un elemento, se activa su señal.
2. Mientras se ejecutan las medidas en el sensor FQ2, su salida BUSY permanece activada.
3. La señal OR, que corresponde a la salida del juicio global se activa cuando el juicio global es NG.

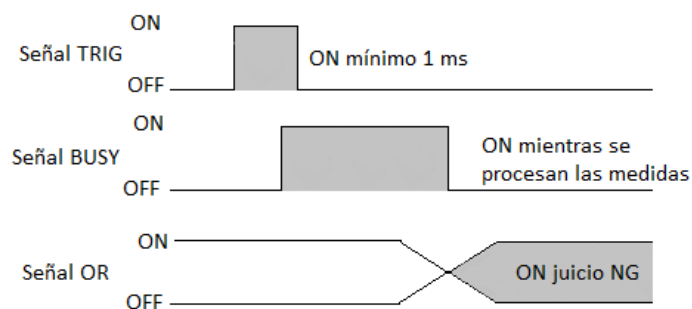


Figura 70: Tren de pulsos de las señales

Las señales del sensor FQ2 que se van a utilizar son las siguientes:

Color	Señal	Descripción
Rosa	TRIG	Disparo
Negro	OUT0	Juicio global
Naranja	OUT1	Procesamiento

Tabla 8: Señales empleadas

Se ha modificado la señal OUT0 para que la salida no sea la del juicio global, sino la del juicio de la expresión matemática creada en el algoritmo de cálculo.

6.2.1. Sensor empleado

Para detectar la presencia de los objetos que pasan por la cinta transportadora, es necesario utilizar un sensor de proximidad. El tipo de sensor seleccionado es el sensor fotoeléctrico E3FB-DN22 de Omron.



Figura 71: Sensor fotoeléctrico

Este sensor es capaz de detectar objetos que se encuentran a 300 mm de distancia. Es posible utilizar otro sensor que tenga mayor distancia, pero en este caso, no es necesario. Se va a emplear para el conexionado un conector M12 acodado XS2F-E422-D80-F. Además, para garantizar la estabilidad del sensor se va a instalar también el soporte de montaje.



Figura 72: Soporte del sensor

La detección va a ser de tipo reflexión sobre objeto, aunque en la gama disponen de varios métodos de detección como por ejemplo la reflexión sobre espejo, pero no es necesaria en este caso.

Se adjuntan las especificaciones técnicas de este sensor en el apartado de anexos en este mismo documento.

6.2.2. Cinta transportadora

La cinta transportadora que se utiliza es la siguiente:



Figura 73: Cinta transportadora

En este proyecto no se desarrolla el proceso completo de producción de los fármacos, es por este motivo que se ha elegido este tipo de cinta transportadora. En caso de una implementación real del proyecto, habría que tener en cuenta los procesos previos que garantizan que el estuche llega en la posición requerida para esta aplicación.

6.3. Configuración y programación de la aplicación del sensor

Se han realizado tres algoritmos diferentes aplicados a diferentes estuches de medicamentos, todos ellos tienen aplicados los mismos métodos de inspección y filtros. Se ha realizado con diferentes estuches para comprobar la efectividad de los mismos según el color del estuche.

En primer lugar, se ha realizado un ajuste de compensación de la posición, ya que se supone que los estuches que circulan por la cinta no van a tener siempre la misma orientación. Es necesario que la cara que visualice el sensor sea siempre la del código de barras, en caso

contrario, el algoritmo no funcionará. Además de ello, se ha aplicado también el filtro de mejora de bordes, de esta forma se consiguen realzar los códigos de barras.

Se han realizado pruebas con otros filtros para hacer más precisa esta detección, en concreto, el filtro HSV aunque finalmente fueron descartados para poder realizar una aplicación más completa.

El orden de aplicación de estos dos filtros es importante, ya que se aplican según el orden en el que se hayan programado. Por ello, en primer lugar, se ha aplicado el filtro de compensación de la posición y después el filtro de mejora de bordes.

El filtro de compensación de la posición se aplica con objeto de que el estuche siempre esté en la misma posición en la aplicación de los métodos de inspección. Por este motivo, se aplicará en el rótulo del estuche, ya que es una región cuyo área es grande, de esta forma se garantiza mayor efectividad después.

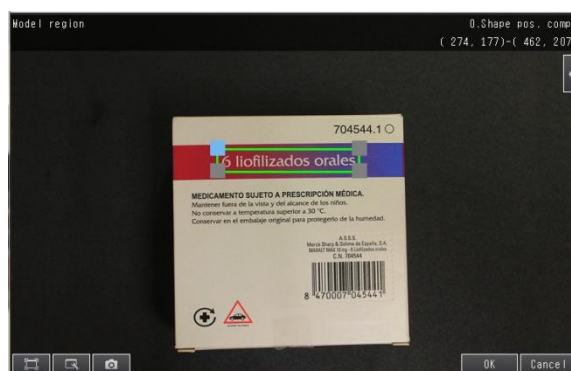


Figura 74: Ajuste de la región de compensación de posición

Se comprueba cómo funciona este filtro en la siguiente imagen:



Figura 75: Imagen original (derecha) - Imagen con filtro compensación de posición (izq.)

Es posible aplicar el filtro alrededor de todo el estuche, el motivo por el que no se ha elegido como región modelo todo el estuche es porque seleccionando un área tan grande, al efectuar el giro en el filtro de compensación de posición, se distorsionan los píxeles y hace que el código de barras sea menos legible.

A continuación se aplica el filtro de mejora de bordes para realzar las líneas del código de barras.

Finalmente, la lista de filtros aplicados resulta de la siguiente forma:



Figura 76: Filtros empleados

A continuación, se aplican los algoritmos de los métodos de inspección. El primer modelo del estuche dispone de tres elementos característicos, se va a realizar la detección de cada uno de ellos.

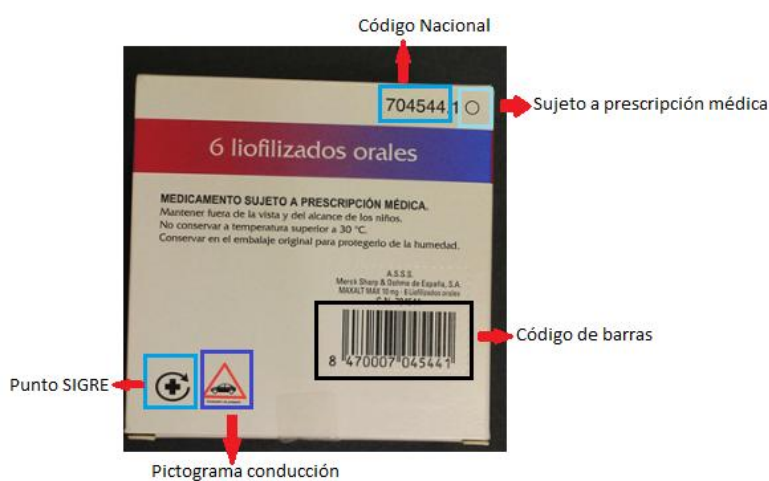


Figura 77: Elementos detectados en los métodos de inspección

Como el algoritmo se ha aplicado a tres estuches diferentes, se muestran los elementos que se han detectado en los otros dos estuches.



Figura 78: Elementos detectados en los estuches

En primer lugar, se aplica el método de búsqueda de elementos II para encontrar cada uno de los pictogramas mostrados en cada caja.

- ❖ En el primer estuche se ajusta el algoritmo para buscar el punto SIGRE y el pictograma de advertencia en la conducción. También se utiliza para detectar el símbolo indicador de dispensación sujeta a prescripción médica. Dado que los dos primeros pictogramas

están juntos, se puede aplicar el método de inspección una sola vez ajustando en la región modelo ambos elementos. Es importante ajustar la región de inspección algo más grande que el área modelo, pero en ningún caso establecer como área de inspección todo el estuche, ya que en este caso, si los pictogramas se encuentran por error en otra posición del estuche se tomará como válido.



Figura 79: Ajuste de las regiones modelo e inspección

Para realizar la búsqueda del símbolo indicador de prescripción médica, es necesario aplicar nuevamente el algoritmo y ajustar la región del modelo y el área de inspección al símbolo.

- ❖ Se ajusta el algoritmo al segundo estuche para buscar los símbolos de aportación reducida y dispensación sujeta a prescripción médica. Por este motivo se aplica el algoritmo de búsqueda II dos veces, una para cada elemento.
- ❖ En el tercer estuche sólo se aplica para detectar el símbolo de psicótrópos Anexo I, ya que se trata de un estuche más simple que no tiene más símbolos para detectar. Por lo tanto, solo será necesario aplicar el algoritmo de búsqueda II una sola vez.

El siguiente método de inspección aplicado se utiliza para detectar códigos de barras, para ello es necesario ajustar los límites de la región modelo al código de barras y asegurarse de que el código leído por el sensor es del tipo correcto y los caracteres detectados en el mismo coinciden. En caso de no coincidir, sería necesario utilizar otra imagen modelo o volver a ajustar la región del modelo.

Es posible que en alguna ocasión, detecte el código de barras correctamente pero los caracteres no sean los mismos que los del modelo. La respuesta será válida siempre que detecte un código de barras (sean cuales sean los caracteres) en la programación por defecto. Por ello, para que el algoritmo resultase lo más preciso posible, se han almacenado los caracteres que debe leer en un banco de datos. A medida que vaya realizando medidas, se realiza una comparación entre los caracteres leídos en ese momento con los almacenados en el banco de datos. Sólo si coinciden el resultado será OK.

Una vez aplicado este algoritmo se probó su funcionamiento junto con el algoritmo de búsqueda. Se encontró que en imágenes que presentaban algún brillo la lectura del código de barras resultaba fallida.

La solución encontrada a este problema fue la aplicación del algoritmo de detección de código de barras de nuevo tomando como modelo una de las imágenes del banco de imágenes que más brillos tenía. Aplicando los dos algoritmos de códigos de barras simultáneamente, los resultados obtenidos han tenido un éxito del 98%. El banco de imágenes de este estuche dispone de 50 imágenes y en una de las imágenes no se ha conseguido detectar el código con ninguno de los dos métodos.

Por último, el método utilizado para comprobar el código nacional es el de detección de caracteres OCR. Se utiliza para comprobar que los caracteres coinciden con los del código de barras debido a que los seis dígitos de este número han de ser los mismos que los seis últimos dígitos que los del código de barras.

Se ha comprobado que se realiza una lectura correcta de los caracteres en la región de inspección programada. Estos caracteres se guardan en un banco de datos de este método. Se probó el funcionamiento del algoritmo en diferentes estuches para comprobar que detectaba los mismos caracteres que en el modelo. En la mayor parte de las imágenes no se detectaba correctamente el código, por lo que se hizo un entrenamiento manual ya que el problema que aparecía era similar al de los códigos de barras.

Para realizar este entrenamiento manual, se ha programado el algoritmo de forma que compare los caracteres leídos en la imagen a analizar con los caracteres que debería leer. Los caracteres que debía leer fueron registrados previamente en el banco de datos. De esta forma se consigue añadir un nuevo parámetro de juicio en el que se realiza una comparación entre los caracteres analizados y los caracteres del banco de datos. Si coinciden ambos, el resultado será válido.

Una vez realizados estos cambios, se probó de nuevo el algoritmo. Aunque presentaba buenos resultados, la eficiencia era de un 70%, dado que es una industria que requiere elevada precisión, se decidió solucionar el problema aplicando de nuevamente el algoritmo tomando como modelo otra imagen diferente del banco de imágenes. Se ajustaron los parámetros igual que se hizo anteriormente, pero contando con el algoritmo programado dos veces, se obtuvieron mejores resultados. La eficiencia conseguida fue de un 98%.

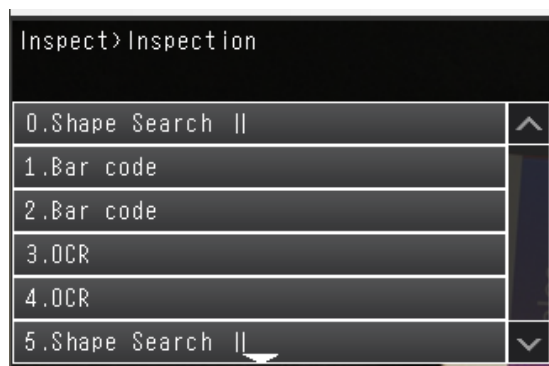


Figura 80: Algoritmos de inspección utilizados

6.4. Cálculos

Se han realizado cálculos para conseguir que todos los métodos de inspección den una salida conjunta válida.

- ❖ Código de barras: El algoritmo código de barras ha sido aplicado dos veces como se ha indicado anteriormente. Estos dos algoritmos detectan el mismo código de barras, pero se decidió aplicarlo dos veces para conseguir mayores precisiones. Para conseguir una única salida en este apartado, se han realizado operaciones lógicas, de tal forma que si el primer algoritmo de código de barras es correcto, pero el segundo no, la salida sea válida. Solo con que uno de los dos algoritmos detecte correctamente el código, el resultado es válido. Para ello se programado con una puerta AND. En este algoritmo de cálculo, si el resultado de una de las dos variables es 0, el resultado será 0. Se utiliza una puerta AND ya que en este sensor, cuando el resultado es 0, significa OK, si el resultado es -1, el resultado es NG.

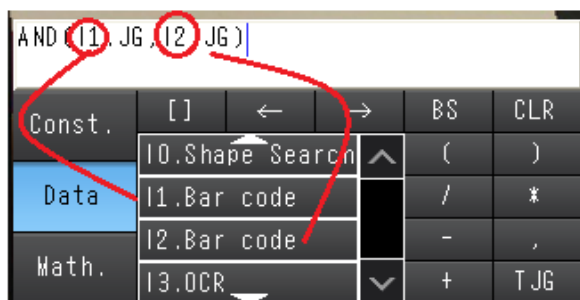


Figura 81: Argumentos de la operación AND en código de barras

- ❖ OCR: Existe el mismo problema que con el algoritmo del método del código de barras, por lo que se realiza la misma operación entre los dos métodos de inspección OCR.

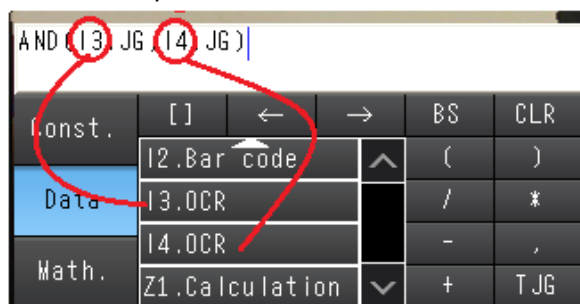


Figura 82: Argumentos de la operación AND en OCR

Lo que se persigue es tener una única respuesta para utilizar el mínimo de salidas posibles. Por este motivo, se realiza una nueva operación con los dos resultados anteriores, de tal forma que si uno de los dos es -1 (NG), la respuesta final sea NG.

- ❖ OCR y código de barras: OR entre los resultados de los juicios de las dos operaciones anteriores. El algoritmo de la operación OR en el sensor FQ2 establece que si los dos argumentos de la operación son 0, el resultado será 0 (OK), de lo contrario, será -1(NG).

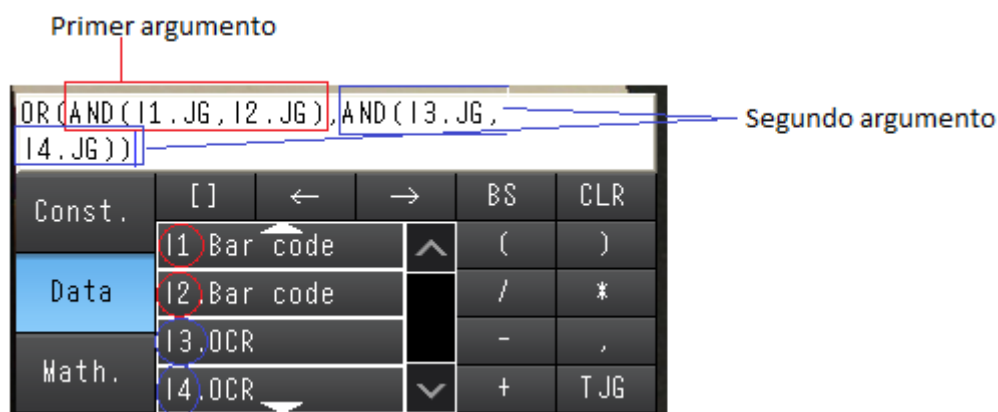


Figura 83: Operación OR sobre las dos anteriores

También era posible haber utilizado solo dos argumentos, empleando los dos resultados de las operaciones anteriores, pero se ha hecho de esta forma para que quedase más claro el objetivo.

- ❖ Métodos búsqueda II: Se realiza una operación OR con los dos algoritmos de búsqueda empleados, de tal forma que si uno de los dos no es válido, el resultado es NG.

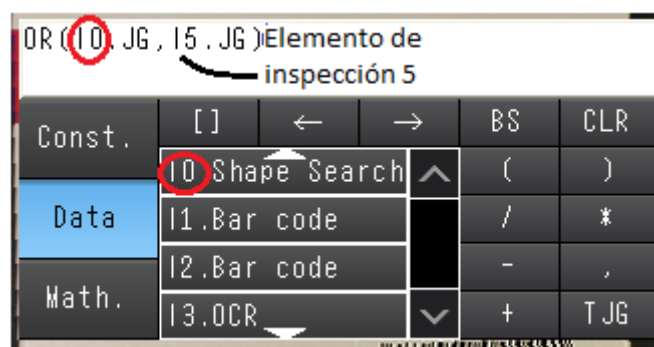


Figura 84: Operación OR sobre búsqueda II

- ❖ Global: Finalizado el cálculo anterior, se ha realizado de nuevo una operación OR cuyos argumentos son los resultados de los juicios de las operaciones anteriores. De esta forma se obtendrá una única respuesta en los cálculos. En caso de que el resultado de cualquiera de los anteriores sea -1, la respuesta final será NG.

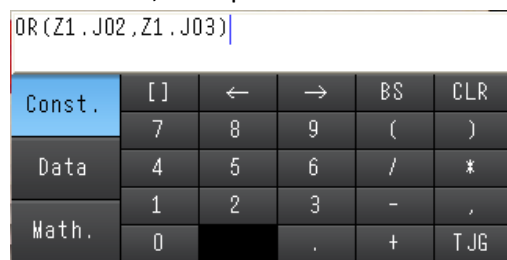


Figura 85: Operación final para el resultado global

Se recogen los cálculos en una lista de cinco operaciones distintas. Se han renombrado para una mejor comprensión.

Expression	
0.Codigo barras	AND(I1.JG,I2.JG)
1.OCR	AND(I3.JG,I4.JG)
2.OCR X BC	OR(AND(I1.JG,I2.JG
3.Búsqueda	OR(I0.JG,I5.JG)
4.Global	OR(Z1.J02,Z1.J03)
5.Expression5	

Figura 86: Lista de cálculos aplicados

Estos son los cálculos que han sido necesarios para el modelo del primer estuche. En el caso del segundo estuche se han aplicado los mismos algoritmos de cálculo ya que dispone de dos símbolos separados para detectar. En cambio, en el tercer estuche sólo hay un símbolo que detectar, por lo que se aplica un método de inspección menos y no hay que realizar la operación 3 ya que solo hay un algoritmo de búsqueda. En este caso, en la operación número 4 el primer argumento corresponderá al juicio del método de inspección de búsqueda aplicado para este estuche.

6.5. Configuración de salidas

Salvo modificación, el resultado final corresponde al juicio global de todos los métodos de inspección aplicados. En caso de que cualquiera de los métodos (inspección y cálculo) resulte ser NG, el resultado global de la aplicación será NG.

Esto supuso un problema, ya que muchos de los códigos de barras o caracteres se leían en un método de inspección y en otro no. Por este motivo fue necesario realizar los algoritmos de cálculo.

Ha sido necesario reconfigurar las salidas para que la única salida sea la del juicio global de los cálculos.

En la imagen inferior, todos los métodos de inspección han funcionado satisfactoriamente y el juicio global ha sido OK.



Figura 87: Resultado inspección OK

En cambio, en la siguiente imagen, ha fallado uno de los métodos de código de barras, pero el auxiliar lo ha detectado correctamente. El juicio global debería ser OK en vez de NG. Por este motivo, se ha hecho que la salida válida sea la resultante del juicio de los cálculos.

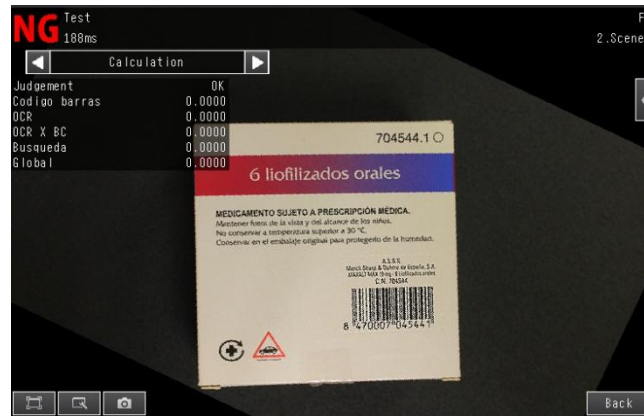


Figura 88: Resultado de inspección OK (NG global)

En el siguiente ejemplo se muestra que han fallado los dos métodos de inspección de código de barras, por este motivo, la salida global será NG.

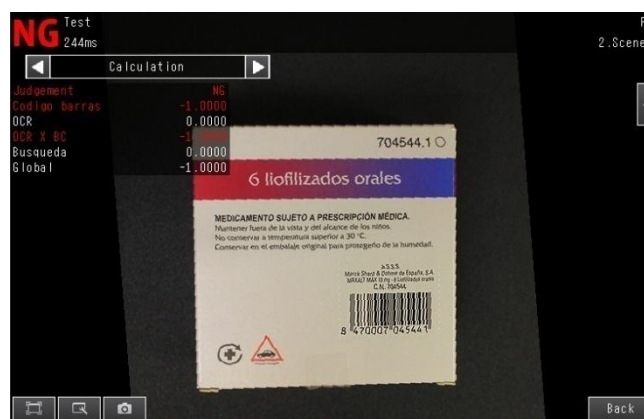


Figura 89: Resultado inspección NG final

Capítulo 7

7. Conclusiones

La visión artificial es una tecnología innovadora que cuenta con amplias ventajas a la hora de la producción. En el contexto del trabajo realizado permite un ahorro en sensores de proximidad, ya que, para la detección de elementos en placas electrónicas, de no existir esta tecnología se utilizan sensores de detección en cada uno de los puntos de interés de la placa. El uso de estos tipos de sensores permite realizar con un único sensor la misma operación.

El uso de estos equipos en una planta de producción permite la detección de elementos, el control de calidad y control de procesos que antes eran realizados por operarios en tiempos de ciclo mínimos que consiguen un elevado ritmo de producción en las industrias.

Entre ellos, los sensores de visión de la gama FQ2 ofrecen diversas posibilidades en un único sensor. Los sistemas de visión actuales necesitan de varios componentes para conseguir un sistema de visión apto, ya que necesitan de un controlador, una cámara, una lente, iluminación aparte, una pantalla y un controlador. En cambio, un sensor FQ2 ya lleva la mayor parte de estos elementos incorporados y para tener un sistema de visión artificial apto, bastaría solo con el sensor y el TouchFinder.

Es posible controlar procesos industriales complejos ya que se pueden conectar hasta 32 sensores en el mismo TouchFinder. Las mediciones realizadas con el sensor en base a las pruebas tienen elevada exactitud y además se pueden controlar también colores e intensidades de los mismos, lo que permite ampliar la aplicabilidad de estos sensores a todo tipo de industrias, desde la alimentaria (para detectar alimentos en mal estado o fechas de caducidad) hasta la industria juguetera (para contar fichas de parchís o para separar muñecos según su color de pelo).

En la aplicación desarrollada se ha demostrado cómo se puede realizar de forma sencilla el control de calidad estuches fármacos respetando la precisión que éstos requieren según la legislación.

8. Vías de continuación

Se puede continuar la aplicación descrita ampliando el número de sensores en una línea de embalaje de los mismos. En estas líneas de producción, en primer lugar llega el blíster con las pastillas. Después, se apilan estos blísteres en función del número de blíster que haya por estuche.

Una línea de producción de este tipo podría incorporar cuatro sensores.

- ❖ El primero de los sensores se puede destinar a la comprobación de que cada blíster contiene el número adecuado de pastillas y de que sean las indicadas.

- ❖ Después del apilamiento de los blísteres podría destinarse otro sensor a la verificación de la alineación de los mismos justo antes de que se introduzcan en los estuches.
- ❖ El siguiente sensor se puede utilizar para detectar que el contenido de los paquetes es el correcto.
- ❖ El último de los sensores se encargaría de las funciones descritas en la aplicación realizada en el documento.

Por último sería necesario desechar los estuches que no cumplan con las necesidades requeridas, para ello, se podría analizar el uso de un actuador o una válvula neumática que expulsaran de la línea de producción el envase que no sea apto, o por el contrario, llevar a otro proceso a los envases que sí que cumplan con las condiciones.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 3: Anexos

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice de anexos

Tabla de contenido

Manuales del sensor FQ2	96
Ajuste de la fecha en el modo OCR	96
Funciones posibles en los algoritmos de cálculo	97
Hoja de características del sensor fotoeléctrico	101
Conector para el sensor fotoeléctrico	102

Índice de figuras

<i>Figura 1: Conector XS2F - E422 - D80 - F</i>	<i>102</i>
<i>Figura 2: Cables del conector</i>	<i>102</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Ajuste de la fecha en el modo OCR.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 2: Ajuste de fecha</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 3: Configuración de fechas</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 4: Funciones posibles en cálculos</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 5: Valores posibles de los juicios individuales.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 6: Hoja de características del sensor fotoeléctrico.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 7: Código de colores</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 8: Especificaciones del conector</i>	<i>102</i>

Anexos

Manuales del sensor FQ2

Se adjunta en el apartado 2.5.3.1 de la memoria de este documento los manuales empleados para realizar este proyecto.

Ajuste de la fecha en el modo OCR

Para detectar fechas de caducidad en el modo OCR, es necesario realizar la verificación de los datos leídos con el calendario. Para ello, el sensor ha de tener configurados la fecha y la hora actuales. Se han de introducir manualmente los códigos que se van a detectar. En la siguiente tabla se recogen los formatos de las fechas reconocidas.

Label	Description	Label	Description
0 to 9	Normal numeric value input	eY1	Coded year 1
A to Z	Normal alphabetic character input	eM1	Coded month 1
' - . : /()	Normal symbol input	eD1	Coded day 1
*	Uppercase alphabetic character judgment, Numeric character judgment and Symbol judgment	eR1	Coded hour 1
#	Numeric character judgment	eN1	Coded minute 2
mYY	Current year, 2 digits	eY2	Coded year 2
MYYY	Current year, 4 digits	eM2	Coded month 2
mHH	Current year of the Heisei imperial era, 2 digits	eD2	Coded day 2
mMM	Current month	eR2	Coded hour 2
mDD	Current day	eN2	Coded minute 2
mRR	Current hour	iY1	Coded year after set interval 1
mNN	Current minute	iM1	Coded month after set interval 1
vYY	Year after set interval, 2 digits	iD1	Coded day after set interval 1
vYYY	Year after set interval, 4 digits	iY2	Coded year after set interval 2
mHH	Year of the Heisei imperial era after set interval, 2 digits	iM2	Coded month after set interval 2
vMM	Month after set interval	iD2	Coded day after set interval 2
vDD	Day after set interval		

Tabla 1: Ajuste de la fecha en el modo OCR

Nota: En caso de que el sensor no tenga configurados fecha y hora actuales, ajustarlo con la siguiente ruta:

[Inspect] > [Inspection] > [Add item] > [Details] > [Date parameter]

Item	Setting	Description
Year	Range : 0 to 99 Default : 0	Set the usage period from the current date.
Month	Range : 0 to 99 Default : 0	
Day	Range : -999 to 999 Default : 0	

Tabla 2: Ajuste de fecha

En los ajustes de la fecha se puede programar cómo se visualiza la fecha, el orden de cálculo y el ajuste para el final del mes.

- ❖ En el modo de visualizar la fecha se programa la visualización de los caracteres del mes y del día.
- ❖ El orden de cálculo tiene dos posibilidades:
 - Mes → Día : Se añade un mes.
 - Día → Mes: Se añade un día.
- ❖ En el ajuste del final del mes se ajusta cuál es el día final del mes, el primer día del mes siguiente y el intervalo de tiempo válido para el mes siguiente.

Se explica con un ejemplo para una mejor comprensión. Los ajustes están establecidos en 1/31 (mes, día) y el ajuste del periodo es : Año 0, Mes 1, Día 1.

- Mes → Día : Se añade un mes a 1/31, el resultado será 2/31. Se ha de aplicar el ajuste del final del mes, porque febrero no tiene 31 días. Los ajustes para el final del mes han de ser los siguientes:

Ajuste de final del mes	Resultado
Último día del mes actual	2/28
Primer día del mes siguiente	3/1
Espacio de tiempo del mes siguiente	3/3

Tabla 3: Configuración de fechas

- El resultado del final del mes más un día será la cadena de caracteres en la verificación.
- Día → Mes: Se añade un día a 1/31 y el resultado será 2/1. No será necesario aplicar el ajuste del fin del mes porque el día existe. Se añade un mes más a 2/1 y el resultado será 3/1.

Funciones posibles en los algoritmos de cálculo

A continuación, se adjuntan en la tabla todas las posibles operaciones matemáticas que se permiten realizar en el sensor FQ2.

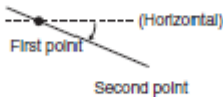
Function	Description
SIN	Finds the sine. The result is a value between -1 and 1. The angle in the expression is in degrees. SIN(angle)
COS	Finds the cosine. The result is a value between -1 and 1. The angle in the expression is in degrees. COS(angle)
ATAN	Finds the arctangent of the value (Y component, X component). The result is a radian value between $-\pi$ and π . ANGL(Y_component,X_component) Example: Finding the angle between the straight line joining the centers of region 0 and region 1 and horizontal. ATAN(R1.Y-R0.Y,R1.X-R0.X) If the two arguments are both 0, the result is 0 and the judgement is NG.
AND	Finds the logical AND. If one of the arguments is 0, the calculation result is 0. Otherwise it is -1. AND(argument_1,argument_2)
OR	Finds the logical OR. If both of the arguments are 0, the calculation result is 0. Otherwise it is -1. OR(argument_1,argument_2)
NOT	Applies a logical NOT operation. If the argument is 0, the calculation result is -1. Otherwise it is 0. NOT(argument)
ABS	Finds the absolute value. ABS(argument)
MAX	Returns the larger of the two arguments. MAX(argument_1, argument_2)
MIN	Returns the smaller of the two arguments. MAX(argument_1, argument_2)
ANGL	Finds the angle of the straight line joining two points (the center of gravity and center of the model). The angle against the horizontal is found. The result is a value between -180 and 180. ANGL(Y_component,X_component) Example: Finding the angle of the straight line joining the centers of region 0 and region 1 ANGL(R1.Y-R0.Y,R1.X-R0.X)  If the two arguments are both 0, the result is 0 and the judgement is NG.
MOD	Finds the remainder after dividing a non-ordinal number with an ordinal number. MOD(non-ordinal, ordinal) If any of the arguments are real numbers, the decimals are rounded off before calculating the remainder. The remainder is the result of dividing integers. Example: MOD(13,4) ... Result: 1 (remainder when 13 is divided by 4) MOD(25.68,6.99) ... Result: 5 (remainder when 26 is divided by 7)
SQRT	Finds the square root. If the argument is negative, the result is 0. The judgement will be NG. SQRT(argument)
DIST	<ul style="list-style-type: none"> Finds the distance between two points (the center of gravity and the center of the model). DIST(first_position_X, first_position_Y, second_position_X, second_position_Y) Example: Finding the distance between the centers of gravity of region 0 and region 1 DIST(R0.X,R0.Y,R1.X,R1.Y) The following calculation is performed internally. $\sqrt{(R1.X-R0.X)^2+(R1.Y-R0.Y)^2}$ Finds the length of a perpendicular line from point (x,y) to line $ax + by + c = 0$. DIST(X_coordinate_of_point, Y_coordinate_of_point, coefficient_a_of_line, coefficient_b_of_line, coefficient_c_of_line)

Tabla 4: Funciones posibles en cálculos

Todas las operaciones detalladas en la tabla pueden combinarse entre ellas. Es posible realizar un máximo de 32 operaciones en el sensor y además los resultados de estas operaciones pueden ser salidas del proceso o bien valores utilizados para realizar otros cálculos.

Salidas de juicios de todos los métodos

En la siguiente tabla se analizan los diferentes juicios que pueden ofrecer las salidas de los filtros, compensación de posición y elementos de inspección.

Destacar que en esta tabla solo se recogen los significados de las salidas en los juicios de cada uno de los elementos de inspección y filtros. A parte de los resultados de los juicios, también pueden ser valores de salida parámetros resultantes de las medidas como por ejemplo las coordenadas de la posición de un elemento o el valor de la correlación. En el caso de este TFG se ha utilizado como salida global del proceso el juicio resultante de los cálculos.

En este modelo de sensor también es posible que actúen como salidas los caracteres detectados en los métodos de inspección OCR, y lecturas de códigos de barras y 2D.

Elemento		Valor de juicio (JG)
Filtros		-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG
Compensación de posición	Búsqueda	
	Bordes	-2 : No se ha realizado medida
	Bordes 2	0: Juicio OK
	Bordes 2 punto medio	-1: Juicio NG
	Rotación de bordes	
	Numérica	-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG -15: Error fuera de rango
OCR		-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG -16: Error tiempo de medida -17: Error de formato
Lectura de códigos	Códigos de barras	-2 : No se ha realizado medida
	Códigos 2D	0: Juicio OK -1: Juicio NG
	Códigos 2D (DPM)	-16: Error tiempo de medida
Búsqueda de elementos	Búsqueda	-2 : No se ha realizado medida
	Búsqueda de forma II	0: Juicio OK
	Búsqueda de forma III	-1: Juicio NG
	Búsqueda sensible	-13: Teaching no realizado -14: Figura no registrada -15: Fuera de rango
Medidas según los bordes	Posición de bordes	-2 : No se ha realizado medida
	Anchura entre bordes	0: Juicio OK -1: Juicio NG
	Conteo de bordes	-13: Teaching no realizado

	-14: Figura no registrada -15: Fuera de rango
Detección de color	-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG -10: Error de imagen -20: Otro error
Medida de áreas	-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG -13: Teaching no realizado -14: Figura no registrada -15: Fuera de rango
Etiquetado	-2 : No se ha realizado medida 0: Juicio OK -1: Juicio NG -13: Teaching no realizado -14: Figura no registrada -15: Fuera de rango

Tabla 5: Valores posibles de los juicios individuales

Hoja de características del sensor fotoeléctrico

El sensor utilizado es el EF3B - DN22 con salida NPN.

Tipo recto (E3FA/E3FB)

Modelo	Método de detección		Reflexión sobre objeto					
	Salida NPN	Con cable Conector M12	E3F-DN11 2M	E3F-DN12 2M	E3F-DN13 2M	E3FA-DN14 2M	E3FA-DN15 2M	E3FA-DN16 2M
Elemento	Salida PNP	Con cable Conector M12	E3F-DP11 2M	E3F-DP12 2M	E3F-DP13 2M	E3FA-DP14 2M	E3FA-DP15 2M	E3FA-DP16 2M
Distancia de detección			100 mm (papel blanco: 300 × 300 mm)	300 mm (papel blanco: 300 × 300 mm)	1 m (papel blanco: 300 × 300 mm)	100 mm (papel blanco: 300 × 300 mm)	300 mm (papel blanco: 300 × 300 mm)	1 m (papel blanco: 300 × 300 mm)
Diámetro del punto de luz (valor de referencia)			40 × 45 mm Distancia de detección de 100 mm	40 × 50 mm Distancia de detección de 300 mm	120 × 150 mm Distancia de detección de 1 m	40 × 45 mm Distancia de detección de 100 mm	40 × 50 mm Distancia de detección de 300 mm	120 × 150 mm Distancia de detección de 1 m
Objeto detectable estándar			—					
Distancia diferencial			20% máx.					
Angulo direccional			—					
Fuente de luz (longitud de onda)			LED rojo (624 nm)			LED infrarrojo (850 nm)		
Tensión de alimentación			10 a 30 Vc.c. (incluye fluctuación de tensión del 10% (p-p) máx.)					
Consumo			25 mA máx.					
Salida de control			NPN/PNP (colector abierto) Corriente de carga: 100 mA máx. (tensión residual: 3 V máx.), Tensión de alimentación de carga: 30 Vc.c. máx.					
Modo de funcionamiento			CON LUZ/EN OSCURIDAD, seleccionable por cableado					
Indicador			Indicador de operación (naranja) Indicador de estabilidad (verde)					
Protección de circuitos			Protección contra inversión de la polaridad de la fuente de alimentación, protección contra cortocircuitos de salida y protección frente a polaridad inversa de salida					
Tiempo de respuesta			0,5 ms					
Ajuste de sensibilidad			Potenciómetro de una vuelta					
Iluminación ambiental (lado receptor)			Lámpara incandescente: 3.000 lx máx./Luz solar: 10.000 lx máx.					
Rango de temperatura ambiente			En operación: -25 a 55°C/Almacenamiento: -30 a 70°C (sin hielo ni condensación)					
Rango de humedad ambiental			En operación: 35 a 85%/Almacenamiento: 35 a 95% (sin condensación)					
Resistencia de aislamiento			20 MΩ mín. a 500 Vc.c.					
Rigidez dieléctrica			1.000 Vc.a. a 50/60 Hz durante 1 min. entre partes conductoras y carcasa					
Resistencia a vibraciones			Destrucción: 10 a 55 Hz, 1,5 mm de amplitud p-p durante 2 horas en cada una de las direcciones X, Y y Z					
Resistencia a golpes			Destrucción: 500 m/s ² 3 veces en cada una de las 3 direcciones X, Y y Z					
Grado de protección			IEC: IP67, DIN 40050-9: IP69K*					
Peso (estado emba- lado/solo el sensor)	Con cable (2M)		E3FA: Aprox. 60 g/Aprox. 50 g, E3FB: Aprox. 95 g/Aprox. 65 g					
	Conector		E3FA: Aprox. 20 g/Aprox. 10 g, E3FB: Aprox. 50 g/Aprox. 20 g					
Material	Carcasa		E3FA: ABS, E3FB: Latón niquelado					
	Lente y display		PMMA					
	Potenciómetro		POM					
	Tuerca		E3FA: POM, E3FB: Latón niquelado					
Accesorios			Hoja de instrucciones Tuercas M18 (2 uds.)					

Tabla 6: Hoja de características del sensor fotoeléctrico

Conector para el sensor fotoeléctrico

Se utiliza para conectar el sensor fotoeléctrico con el sensor FQ2 el siguiente conector acodado.

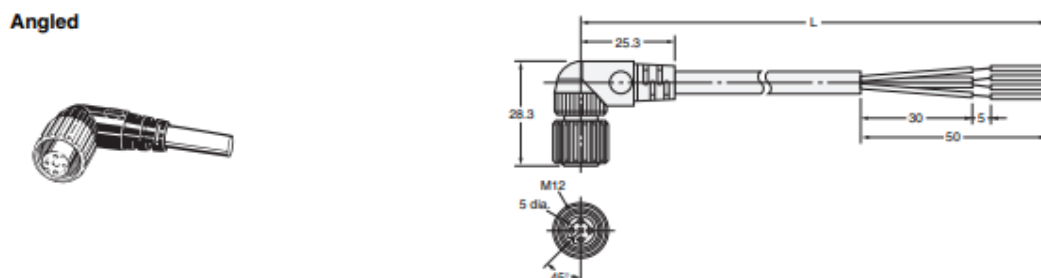


Figura 1: Conector XS2F - E422 - D80 - F

El código de colores de los cables se detalla en la tabla 7.

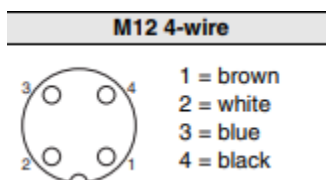


Figura 2: Cables del conector

M12 4-wire	
1	brown
2	white
3	blue
4	black

Tabla 7: Código de colores

Las especificaciones de este conector se recogen a continuación.

	M8	M12
Wire size	0.25 mm ²	0.34 mm ²
Rated current	0.5 A	0.8 A
Rated voltage	30 VDC	
Degree of protection	IP67 (IEC 60529)	
Ambient temperature	-10°C to 65°C	

Tabla 8: Especificaciones del conector



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 4: Planos

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

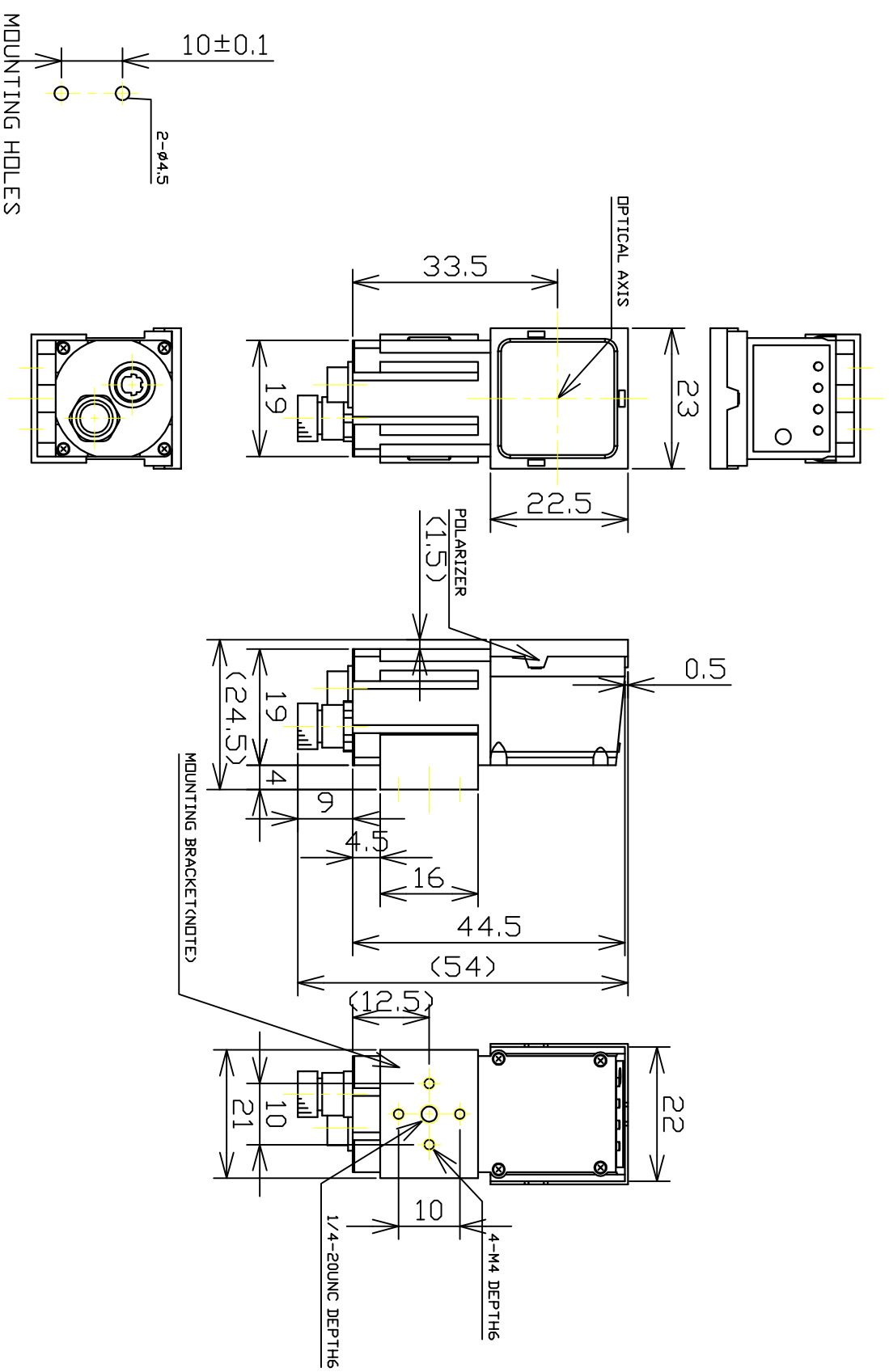
Director: Javier Esteban Vicuña Martínez


Septiembre 2019

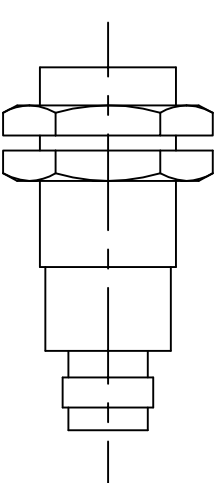
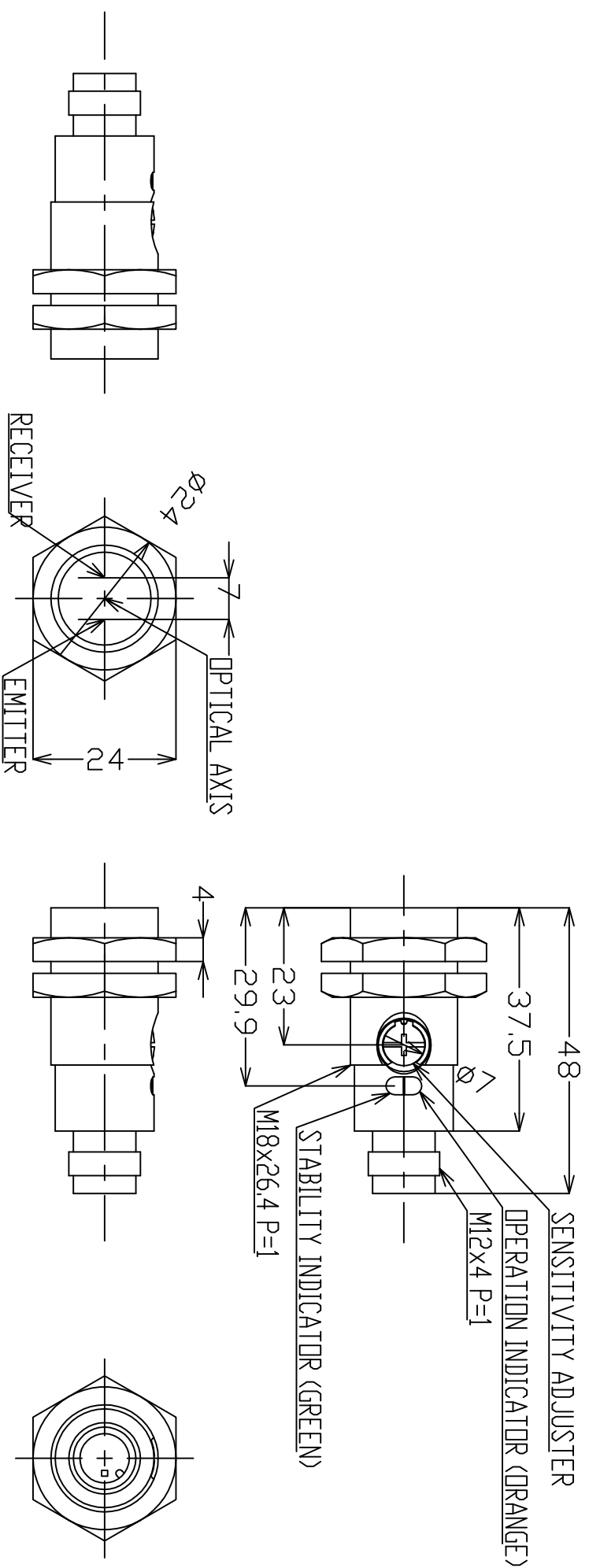
Índice


Tabla de contenido

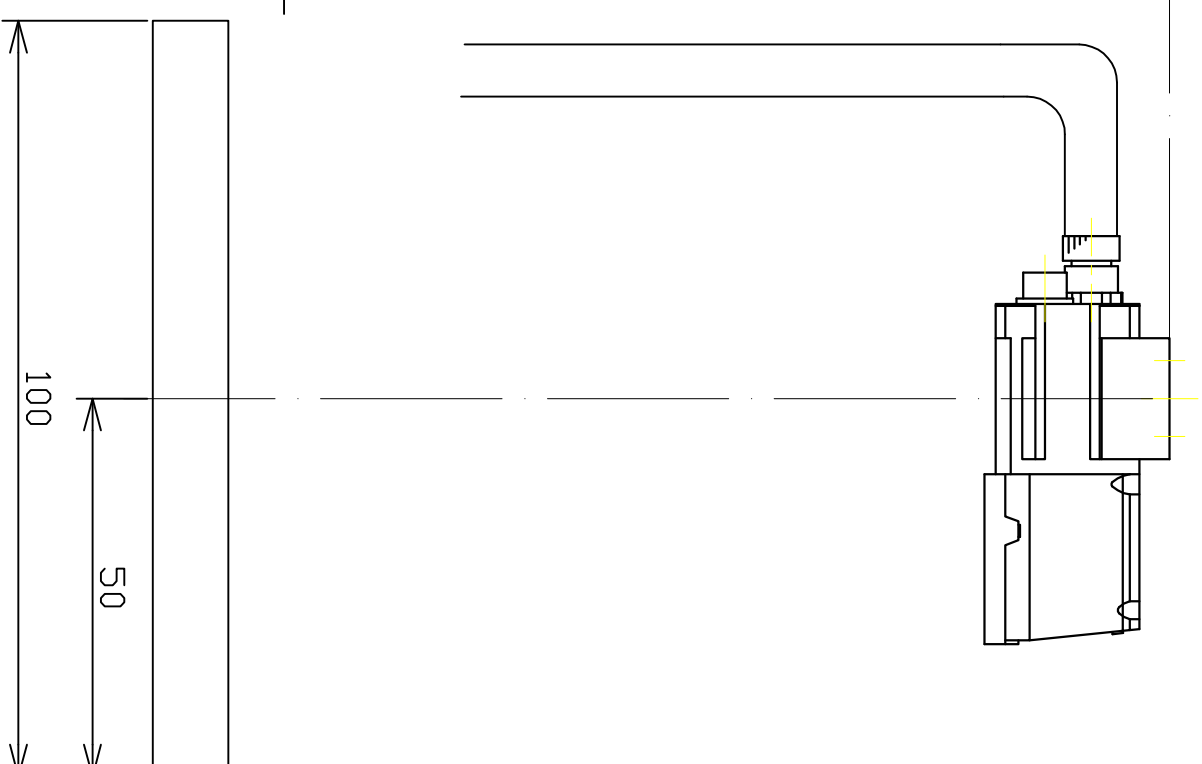
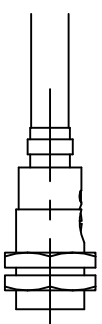
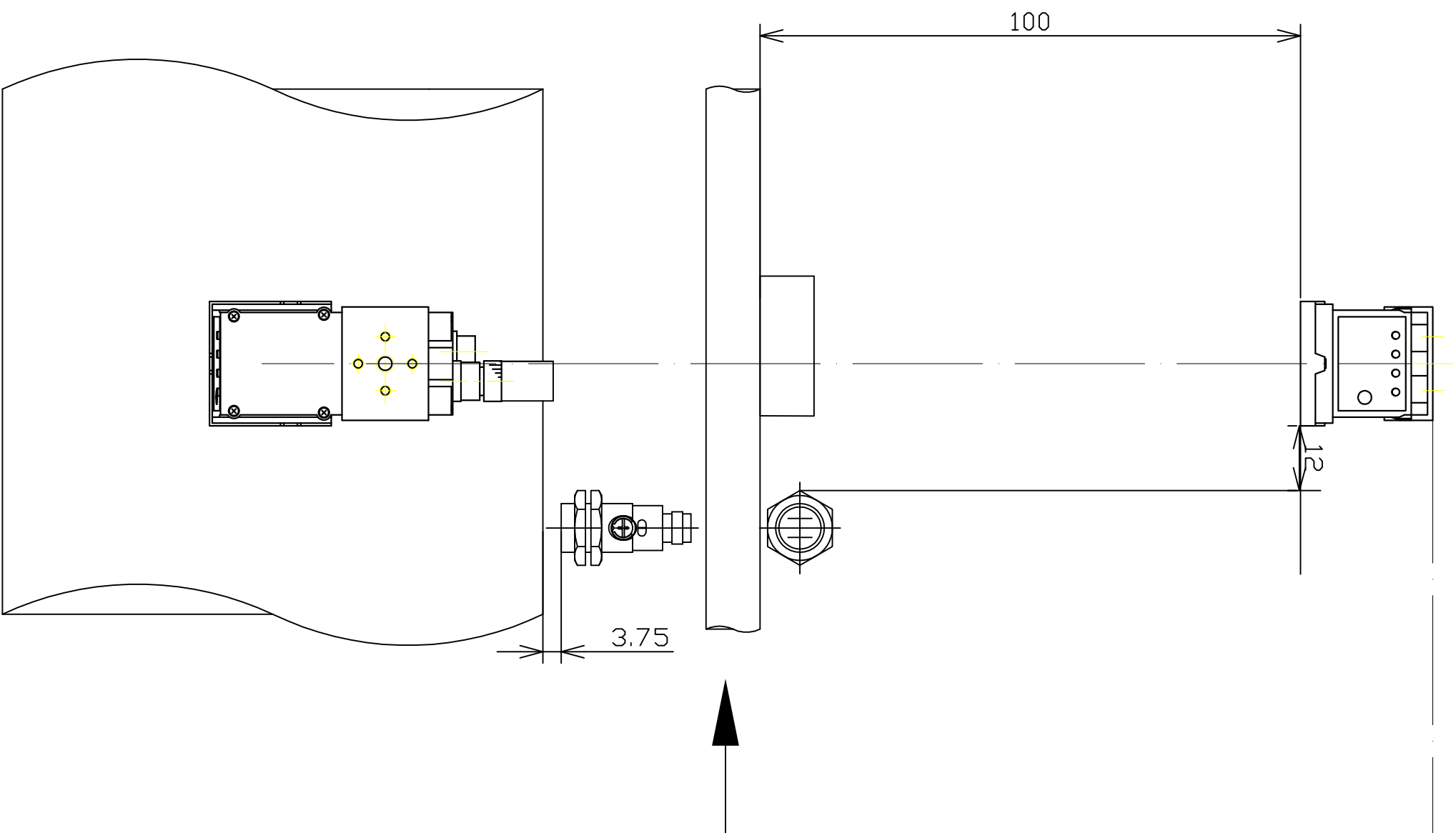
Sensor FQ2	106
Sensor fotoeléctrico	107
Aplicación	108




	Nombre	Fecha	 UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
Dibujado	R. Mínguez	29/08/19	
Comprobado	J. Vicuña	30/08/19	
Escala			Nº plano
1:2	Sensor FQ2		01



	Nombre	Fecha	 UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
Dibujado	R. Mínguez	29/08/19	
Comprobado	J. Vicuña	30/08/19	
Escala			Nº plano
1:1	Sensor fotoeléctrico		02



	Nombre	Fecha	 UNIVERSIDAD DE LA RIOJA	
Dibujado	R. Mínguez	29/08/19		
Comprobado	J. Vicuña	30/08/19		
Escala				Nº plano
1:2	Aplicación			03



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 5: Pliego de condiciones

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice

Tabla de contenido

1.	Introducción al pliego de condiciones.....	115
2.	Condiciones generales	115
3.	Condiciones administrativas	116
4.	Normativa y reglamentación.....	116
5.	Condiciones facultativas.....	118
	Dirección	118
	Libro de órdenes	118
	Modificaciones	118
6.	Condiciones de materiales y equipos.....	119
	Condiciones previas	119
	Condiciones técnicas de los materiales.....	119
	Componentes electrónicos	119
	Sensor FQ2	119
	Sensor fotoeléctrico	120
	Cinta transportadora.....	120
	Cables	120
	Soporte del sensor fotoeléctrico.....	120
	Software	120
7.	Manual de procedimiento.....	121
	Acceso al software	121
	Carga de imágenes	123
	Ajuste de la imagen	123
	Métodos de inspección	127
	Cálculos	134
	Ajuste de salidas.....	137
	Ajuste del disparo.....	138
	Test.....	138
	Run	139
8.	Condiciones económicas.....	140
	Errores en el proyecto.....	140

Liquidación	140
9. Disposición final	140

Índice de figuras

<i>Figura 1: Modos de trabajo del software.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 2: Selección de escenas de trabajo.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 3: Elementos de la ventana de trabajo</i>	<i>122</i>
<i>Figura 4: Área de trabajo con imagen cargada</i>	<i>123</i>
<i>Figura 5: Posibilidades de ajuste de imagen</i>	<i>123</i>
<i>Figura 6: Adición de filtro de composición</i>	<i>124</i>
<i>Figura 7: Filtro de compensación de posición</i>	<i>124</i>
<i>Figura 8: Selección del modo operación.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 9: Ajuste del área modelo</i>	<i>124</i>
<i>Figura 10: Selección del área de inspección</i>	<i>125</i>
<i>Figura 11: Fase de "juicio".....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 12: Resultados del juicio.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 13: Ajuste de tolerancia con indicadores</i>	<i>126</i>
<i>Figura 14: Ajuste de tolerancia manual</i>	<i>126</i>
<i>Figura 15: Adición de un nuevo filtro</i>	<i>126</i>
<i>Figura 16: Filtro de mejora de bordes</i>	<i>127</i>
<i>Figura 17: Elección método de inspección</i>	<i>127</i>
<i>Figura 18: Método búsqueda de forma</i>	<i>127</i>
<i>Figura 19: Ajuste del área modelo</i>	<i>128</i>
<i>Figura 20: Adición del método código de barras.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 21: Ajuste del área modelo</i>	<i>129</i>
<i>Figura 22: Resultado de caracteres leídos.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 23: Registro de los datos en banco de datos.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 24: Menú principal del método código de barras</i>	<i>130</i>
<i>Figura 25: Ajuste de la verificación</i>	<i>130</i>
<i>Figura 26: Selección de prueba de medidas</i>	<i>130</i>
<i>Figura 27: Modo de visualizar el juicio.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 28: Resultados de los juicios.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 29: Selección del método OCR.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 30: Pasos a realizar en el registro de caracteres.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 31: Caracteres detectados</i>	<i>132</i>
<i>Figura 32: Vía adicional de registro de caracteres</i>	<i>133</i>
<i>Figura 33: Pasos para realizar verificación de caracteres</i>	<i>133</i>
<i>Figura 34: Introducción de caracteres a comprobar manualmente.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 35: Inserción de cálculos en el algoritmo</i>	<i>134</i>
<i>Figura 36: Funciones matemáticas empleadas</i>	<i>135</i>
<i>Figura 37: Elemento de inspección empleado en el cálculo</i>	<i>135</i>
<i>Figura 38: Elemento empleado en el cálculo.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 39: Segundo miembro de la primera operación</i>	<i>136</i>
<i>Figura 40: Expresión resultante del primer cálculo</i>	<i>136</i>
<i>Figura 41: Comparación con el primer método de inspección</i>	<i>136</i>
<i>Figura 42: Segundo elemento de la comparación.....</i>	<i>137</i>

<i>Figura 43: Cambio de nombre de los cálculos</i>	<i>137</i>
<i>Figura 44: Configuración de los datos de salida.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 45: Guardar algoritmo diseñado</i>	<i>138</i>
<i>Figura 46: Ajuste del disparo del sensor.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 47: Comprobación de resultados</i>	<i>139</i>
<i>Figura 48: Resultados obtenidos</i>	<i>139</i>
<i>Figura 49: Iconos de cambio de imagen.....</i>	<i>139</i>

Pliego de condiciones

1. Introducción al pliego de condiciones

La autora de este proyecto ha cursado los estudios de Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Universidad de La Rioja, cumpliendo con la normativa establecida por la Escuela Superior de Ingeniería Industrial en la normativa de trabajo de fin de grado.

El objeto de este pliego de condiciones es recoger y establecer las disposiciones técnicas, administrativas y económicas, y las normativas que ha de regir este proyecto.

El diseño de este proyecto y sus características han sido descritos en detalle en la memoria del proyecto y sus anexos.

Las condiciones que se especifican en este documento tratan de cumplir con la calidad esperada para este proyecto. En caso de no realizarse según estas condiciones, el proyectista no se responsabilizará de los fallos o averías que puedan ocasionarse en su funcionamiento, y los problemas derivados repercutirían sobre terceras personas.

Todas las modificaciones que puedan sufrir el proyecto y sus documentos deberán ser aprobadas por el ingeniero o proyectista.

2. Condiciones generales

Este proyecto se ajusta a los reglamentos y normativas electrónicas vigentes. Una vez terminado el proyecto se podrán llevar a cabo modificaciones pero siempre bajo la supervisión del proyectista.

La propiedad intelectual del autor y director del Trabajo Fin de Grado se regirá por el Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido por la Ley de Propiedad Intelectual.

3. Condiciones administrativas

El proyecto constará de los siguientes documentos:

- ❖ Un índice general que indicará la página de inicio de cada uno de los documentos que forman el trabajo.
- ❖ Una memoria donde se consideran las necesidades a satisfacer y los factores técnicos a tener en cuenta profundizando en las soluciones técnicas y la justificación de la solución elegida.
- ❖ Anexos donde se recogerá la información de interés para ampliar la descripción detallada de los componentes del sistema, tanto del protocolo de los componentes empleados como sus hojas de características.
- ❖ Planos de las interconexiones de los elementos empleados y de la instalación del sistema.
- ❖ Un pliego de condiciones donde se establecen las diferentes condiciones técnicas, económicas y administrativas para que el proyecto pueda materializarse, evitando posibles malinterpretaciones.
- ❖ Un presupuesto donde se recogerá el coste de todos los componentes utilizados y la suma total que, junto a la mano de obra, dará el coste final del proyecto. Dicho presupuesto contiene la valoración económica global, desglosada y ordenada por partidas.

4. Normativa y reglamentación

Este proyecto está sujeto tanto a la normativa española como a la normativa internacional. Debido a sus características se rige bajo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Por otro lado, en AENOR (Asociación española de Normalización y Certificación) se pueden encontrar las siguientes normativas:

- ❖ Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de Noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias.
- ❖ Real Decreto 1907/1996, de 2 de agosto, sobre publicidad y promoción comercial de productos, actividades o servicios con pretendida finalidad sanitaria.
- ❖ Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos.

- ❖ Real Decreto 1345/2007, de 11 de octubre, por el que se regula el procedimiento de autorización, registro y condiciones de dispensación de los medicamentos de uso humano fabricados industrialmente.
- ❖ Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios.
- ❖ Norma UNE 1302-2-1973. Vocabulario electrotécnico. Electrónica.
- ❖ Norma UNE - EN61 1000-4-3-1998. Compatibilidad electromagnética.
- ❖ Norma UNE 20-334. Conductos para instalaciones eléctricas.
- ❖ Norma UNE 21-401. Conductores eléctricos aislados.
- ❖ Norma UNE 21-402. Conductores eléctricos aislados y desnudos.

5. Condiciones facultativas

Dirección

La dirección del montaje de la estructura será llevada a cabo, en su totalidad por el ingeniero proyectista, o por cualquier otra persona en la que éste delegue, atendiendo a la capacidad de dicha persona para responsabilizarse de dicha dirección.

Una vez realizada la instalación, ésta podrá ser utilizada por cualquier persona con conocimientos demostrables suficientes sobre el sistema y sus componentes, las tecnologías implicadas y el funcionamiento global y, por partes, del sistema.

En caso de avería o pérdida de información por una utilización incorrecta, el ingeniero proyectista o la persona en que haya delegado la dirección del proyecto, quedan exentas de responsabilidad.

Libro de órdenes

El montaje e instalación de todos los elementos que componen el proyecto se realizará atendiendo al siguiente orden de prioridad en caso de que haya alguna contradicción:

- ❖ Presupuesto
- ❖ Pliego de condiciones
- ❖ Memoria

Este libro de órdenes debe estar conforme al Real Decreto 462/1971 de 11 de marzo, y la Orden de 9 de junio de 1971.

Modificaciones

Si fuera necesario realizar alguna modificación en el presente proyecto, deberá comunicarse con anterioridad a su realización al Ingeniero Director, quién deberá dar la correspondiente autorización.

En caso de realizarse modificaciones en la instalación que no hayan sido previamente comunicadas y autorizadas por el ingeniero director, las consecuencias que dichos cambios puedan ocasionar serán de total responsabilidad del instalador que las realice.

Respecto a los cambios en la instalación realizados por el propietario de la misma, no serán tratados de forma especial y, en ningún caso, quedan eximidos de la autorización del ingeniero director.

6. Condiciones de materiales y equipos

A continuación, se detallan las condiciones tanto de hardware como de software con las que hay que contar para hacer uso de la aplicación del proyecto.

Condiciones previas

Los envases de fármacos han de pasar por la cinta transportadora posicionados con la cara frontal dispuesta en frente del sensor FQ2. Los procesos previos para garantizar que lleguen en la correcta posición no son objeto de este proyecto. Los envases han de llegar de uno en uno, no pueden llegar apilados.

Condiciones técnicas de los materiales

Todos los componentes y materiales utilizados en este proyecto, deben cumplir las especificaciones técnicas descritas tanto en los Anexos como en el siguiente apartado.

Si se considera necesario reemplazar algún componente o material por otro, los nuevos deberán tener las mismas características que los reemplazados, inhibiéndose el ingeniero proyectista de cualquier responsabilidad por fallo, si no se cumplen estos requisitos.

Componentes electrónicos

Sensor FQ2

Las especificaciones y características del sensor están descritas en el Anexo de este documento. No obstante, las recomendaciones para su correcto funcionamiento en la aplicación son las siguientes:

- ❖ Tensión de alimentación: 21.6 a 26.4 V.
- ❖ Corriente de funcionamiento: 2.4 A máximo.
- ❖ Rango de temperatura en funcionamiento: 0 a 50º C.
- ❖ Rango de temperatura en almacenamiento: -25 a 65º C.
- ❖ Rango de humedad relativa permitida: 35% al 85% en funcionamiento y en reposo.
- ❖ Resistencia a vibraciones: 10 a 150 Hz con amplitud de 0.35mm de pico a pico cada 8 minutos, 10 veces.

Sensor fotoeléctrico

Las especificaciones y características del sensor están descritas en el Anexo de este documento. No obstante, las recomendaciones para su correcto funcionamiento en la aplicación son las siguientes:

- ❖ Tensión de alimentación: 10 a 30 V.
- ❖ Corriente de funcionamiento: 25 mA máximo.
- ❖ Rango de temperatura en funcionamiento: -25 a 55º C.
- ❖ Rango de temperatura en almacenamiento: -30 a 70º C.
- ❖ Rango de humedad relativa permitida: 35% al 85%.
- ❖ Resistencia a vibraciones: 10 a 55 Hz con amplitud de 1.5mm de pico a pico durante dos horas.

Cinta transportadora

- ❖ Tensión de alimentación 220V.

Cables

El conector utilizado para el sensor fotoeléctrico es el XS2F-E422-D80-F de Omron. El diámetro del cable es de 12 mm, es de 4 hilos. La distancia máxima entre el sensor fotoeléctrico y el sensor FQ2 es de 2m.

Para conectar el sensor FQ2 al PC es imprescindible el cable Ethernet FQ - WN002 - E de 2 metros de longitud.

Para conectar el sensor FQ2 con las entradas y las salidas necesarias es necesario el cable FQ - WD003 de 3 metros.

Soporte del sensor fotoeléctrico

El soporte utilizado para fijar el sensor es el E39-L183 comercializado por Omron, específicamente para el sensor fotoeléctrico seleccionado.

Software

Para el desarrollo e implementación del proyecto será imprescindible un PC que será el encargado de comunicarse con el sensor FQ2. Para ello, deberá disponer al menos del siguiente software:

- ❖ Windows XP Home Edition professional SP2 o Windows 7 Home premium

- ❖ 1 GB de memoria RAM
- ❖ Procesador de 1.6 GHz o superior
- ❖ Monitor de 1.024 x 768 pulgadas mínimo

7. Manual de procedimiento

Acceso al software

Una vez instalado el software TouchFinder for PC, se puede trabajar de dos formas:

- ❖ Conectado al sensor.
- ❖ Simulación.



Figura 1: Modos de trabajo del software

En ambas funciones, el software de programación sustituye al LCD TouchFinder, por lo que no es necesario en la aplicación.

En primer lugar, se seleccionará la escena en la que se quiera trabajar, es aquí donde se operará con los algoritmos posteriormente. El sensor tiene capacidad de almacenar hasta 32 escenas con algoritmos diferentes.



Figura 2: Selección de escenas de trabajo

El aspecto de la siguiente ventana será el siguiente:

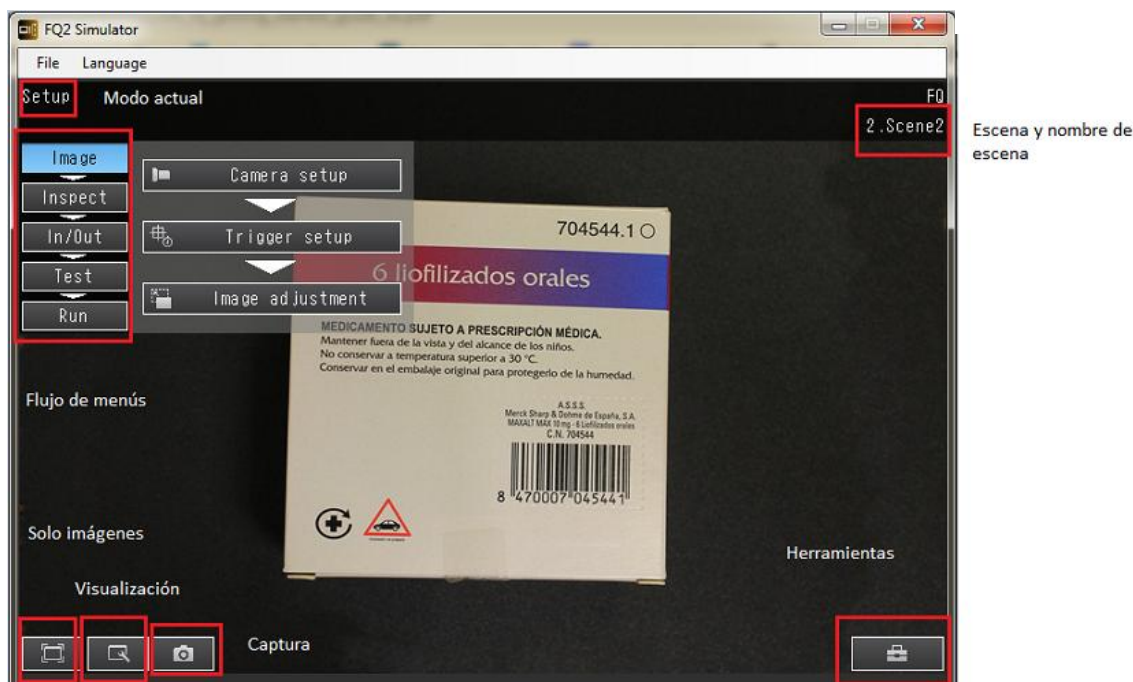


Figura 3: Elementos de la ventana de trabajo

El botón de sólo imágenes se utiliza para visualizar la imagen de la cámara o la imagen y los mensajes de la cámara.

El botón de visualización se utiliza para cambiar entre diferentes imágenes.

- ❖ Imagen real.
- ❖ Imagen congelada: última imagen capturada.
- ❖ Registro: Imagen de la memoria interna.
- ❖ Archivo: Imagen de la tarjeta SD.

El botón de herramientas permite acceder a diferentes funciones de ajustes como por ejemplo cargar o salvar datos y también la selección de la escena.

Los menús se encargan de diversas funciones, ajuste de imágenes, métodos de inspección, configuración de entradas y salidas, prueba y puesta en marcha.

- ❖ Menú imagen: se utiliza para configurar la cámara, ajustar el disparo y configurar las imágenes.
- ❖ Menú de inspección: sirve para configurar diferentes métodos de inspección.
- ❖ Menú entradas y salidas: Configurar las entradas y salidas.

- ❖ Menú test: En este modo se prueban los algoritmos programados.
- ❖ Menú run: Ejecutar el programa.

Carga de imágenes

En este caso las pruebas se van a realizar en modo simulación, por lo que es necesario cargar las imágenes desde la carpeta de capturas. Cuando se realizan capturas desde el sensor FQ, se crea en el PC una carpeta "CAPTURE", es aquí donde se guardarán todas las imágenes.

Para poder tratarlas, en primer lugar, será necesario cargarlas en el TouchFinder. Mediante el



situado en la parte inferior derecha de la ventana, se podrá proceder a cargar la imagen deseada. Después, se podrá pasar a las siguientes imágenes de la carpeta de banco de



imágenes con los iconos y .

El aspecto de la ventana cuando se haya cargado la imagen será el siguiente:

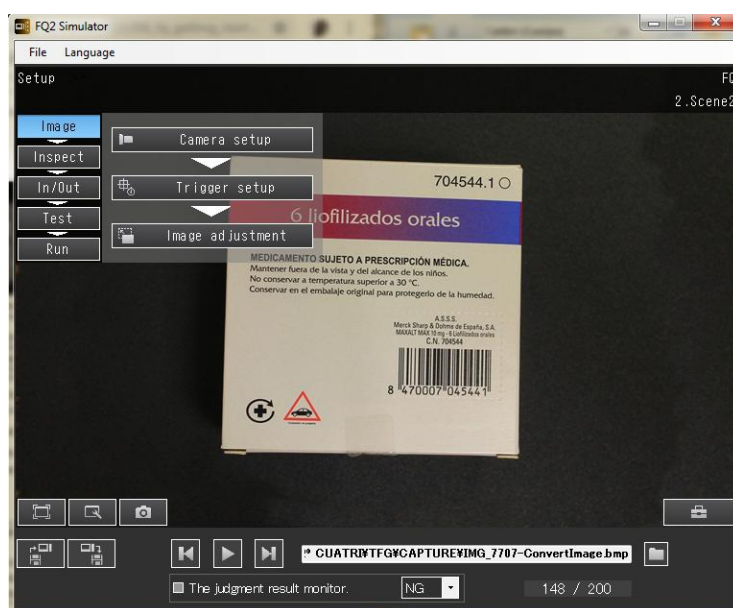


Figura 4: Área de trabajo con imagen cargada

Ajuste de la imagen

En primer lugar, se van a aplicar filtros para que la imagen pueda ser tratada más fácilmente en los métodos de inspección. Para ello, se irá al menú "Image adjustment". Aparecerá una lista en principio sólo con un elemento.

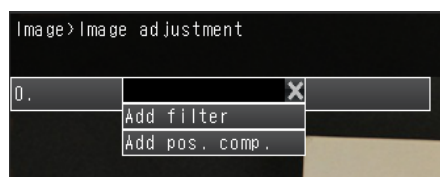


Figura 5: Posibilidades de ajuste de imagen

El orden en el que se apliquen estos filtros es muy importante ya que es el orden en el que se aplicarán posteriormente a la imagen. Por lo tanto, en primer lugar se va a aplicar un filtro de compensación de la posición.

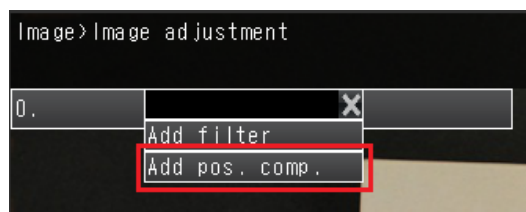


Figura 6: Adición de filtro de composición

Hay diversas posibilidades al aplicar un filtro de compensación de la posición, en este caso se va a utilizar el segundo elemento que busca la forma del área indicado.

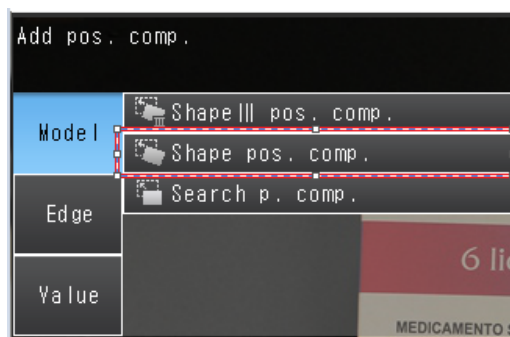


Figura 7: Filtro de compensación de posición

Aparecerán dos modos diferentes, en este caso, será necesario ir al modo "Teach".



Figura 8: Selección del modo operación

En primer lugar, será necesario ajustar la región modelo, que será el área que ha de aparecer en el resto de imágenes para que sean juzgadas como válidas.

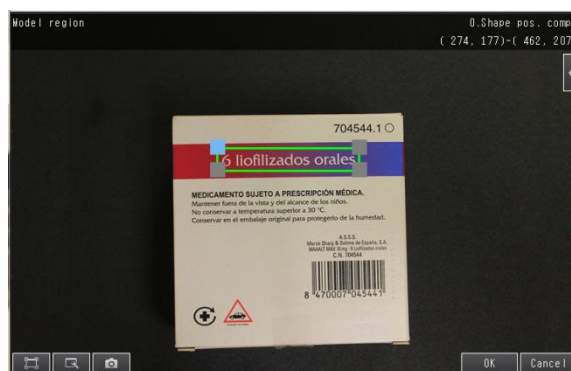


Figura 9: Ajuste del área modelo

Se puede ajustar el tamaño del rectángulo en función de lo que se quiera detectar, para ello se podrá modificar la región desde sus esquinas. Una vez establecido el área deseado, pulsar OK en la esquina inferior derecha.

Después habrá que seleccionar el área de inspección, este es el área en el que el sensor

"busca" la región modelo. Para ello, pulsar el icono  en la parte derecha de la pantalla.

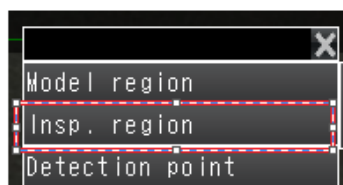





Figura 10: Selección del área de inspección

Se ajusta de la misma forma que la región modelo.

Una vez ajustadas ambas regiones, pulsar  en la parte inferior derecha, en caso de

querer realizar alguna modificación en alguna de las regiones, clicar en  y reajustar de nuevo.

Cuando ya se han ajustado las dos regiones, pulsar  en la esquina inferior derecha.

Es posible realizar una prueba para comprobar que el filtro funciona correctamente. Para ello, se pulsará en el modo "Judgement".



Figura 11: Fase de "juicio"

En esta sección aparecen los distintos parámetros del juicio y el juicio global.

Judgement	OK
Scroll X	-0.0932
Scroll Y	-0.1614
Scroll θ	0.2042
Correlation	95.7037

Figura 12: Resultados del juicio

Las tolerancias de cada uno de ellos se pueden ajustar manualmente, pulsando en cada uno de ellos aparecerá una barra indicadora. Deslizando sus límites se ajustan los valores mínimo y máximo.



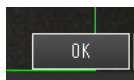
Figura 13: Ajuste de tolerancia con indicadores

También es posible ajustarlos de forma manual, pulsando en cada uno de los indicadores inferiores, aparecerá un teclado en el que se pueden introducir los valores oportunos.




Figura 14: Ajuste de tolerancia manual

Una vez ajustado el valor deseado, pulsar OK. Aparecerá de nuevo la ventana del juicio, se podrá ir pasando por las imágenes del banco de imágenes. Para salir del modo de juicio, pulsar



en la parte inferior derecha.

La siguiente operación a realizar es la aplicación del filtro de mejora de bordes. Para ello,

pulsar . Aparecerá de nuevo la lista con el filtro aplicado anteriormente. Añadir un nuevo filtro.

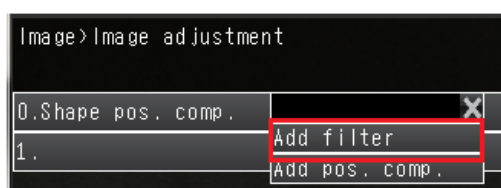


Figura 15: Adición de un nuevo filtro

Aparecerán las diferentes posibilidades de filtro, pulsar en el filtro de mejora de bordes. El

filtro se aplicará de forma automática. Después pulsar

Back

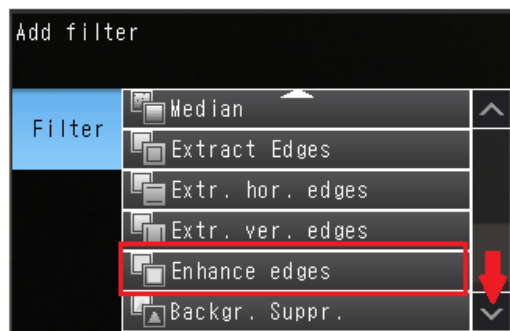


Figura 16: Filtro de mejora de bordes

Cuando se pulse "BACK" se vuelve a la ventana que contiene la lista de filtros aplicados. Pulsar "BACK" de nuevo. Aparecerá de nuevo el menú principal.

Métodos de inspección

Pasar al siguiente menú

Inspect

. En este menú existen tres categorías. En primer lugar, se aplicarán los métodos de inspección correspondientes.

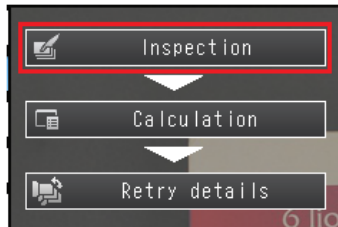


Figura 17: Elección método de inspección

Aparecerá a continuación una lista vacía de elementos. Es posible aplicar hasta 32 métodos de inspección simultáneamente. Pulsar en el número 0. Se añade un elemento a la lista. Elegir de entre todos los elementos de inspección en primer lugar el método de búsqueda de forma II.

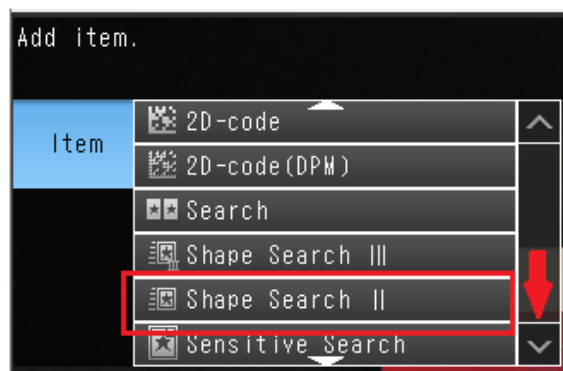


Figura 18: Método búsqueda de forma

Entrar en primer lugar en el modo "Teach". En este banco de imágenes se busca detectar si aparecen en el envase el punto SIGRE y el pictograma que advierte de no conducir bajo los efectos de este medicamento. Por lo tanto, la región modelo ha de tener a ambos. En caso de querer detectar varios iconos que estén separados, sería necesario aplicar de nuevo el mismo filtro.



Figura 19: Ajuste del área modelo

Una vez seleccionado el área modelo, clicar en OK en la parte inferior derecha. En caso de querer ajustar el área de inspección, proceder igual que en el apartado 2.

Una vez ajustadas ambas regiones, pulsar "Teach". Después pulsar "Back" para volver a la lista de elementos de inspección.

El siguiente elemento que se va a configurar es el de código de barras.

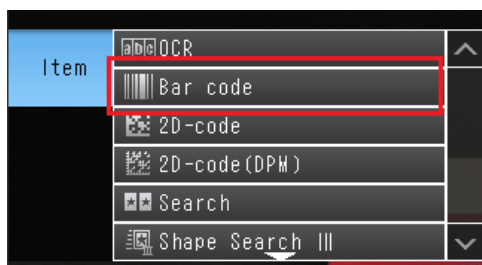


Figura 20: Adición del método código de barras

En este método de inspección hay dos secciones, en primer lugar se accede al modo "Teach". Se ajusta la región modelo únicamente donde se encuentra el código de barras.

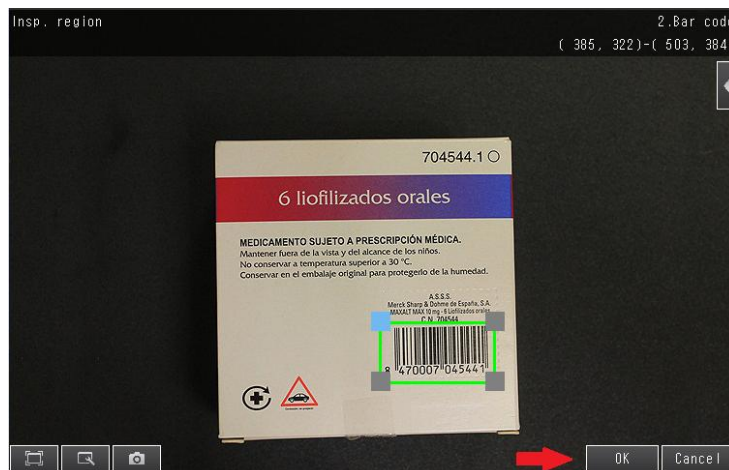


Figura 21: Ajuste del área modelo

Una vez ajustada la región modelo, pulsar OK. Después pulsar "Teach" en la parte inferior derecha. Aparecerá el siguiente cuadro.

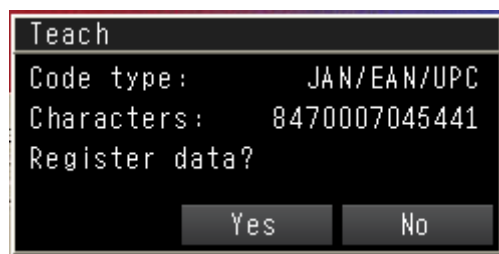


Figura 22: Resultado de caracteres leídos

Pulsar "Yes" si los caracteres que ha detectado son los correctos, en caso contrario, pulsar "No" y proceder como en el paso anterior hasta que los detecte correctamente.

Cuando se verifican los caracteres, aparecerá una lista con un banco de datos. En este banco de datos se guardará el código verificado anteriormente. Para guardarlo simplemente habrá que pulsar en uno de ellos. Es posible almacenar hasta 32 códigos.

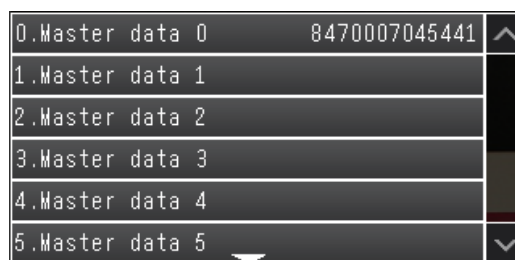


Figura 23: Registro de los datos en banco de datos

Una vez almacenada la información pulsar "Back" para volver al menú inicial de este método de inspección.



Figura 24: Menú principal del método código de barras

En ocasiones, puede ocurrir que los caracteres del código de barras que detecte no sean los mismos que los que se han almacenado en el banco de datos y el resultado sea OK. Para asegurar que no ocurra este problema, pulsar en la sección "Verification".

Aparecerán tres secciones diferentes, utilizar las dos primeras. Con estas opciones, el algoritmo verificará que los datos leídos en otras imágenes coinciden con los de la imagen modelo, para ello utilizará los datos que han sido almacenados previamente en el banco de datos.

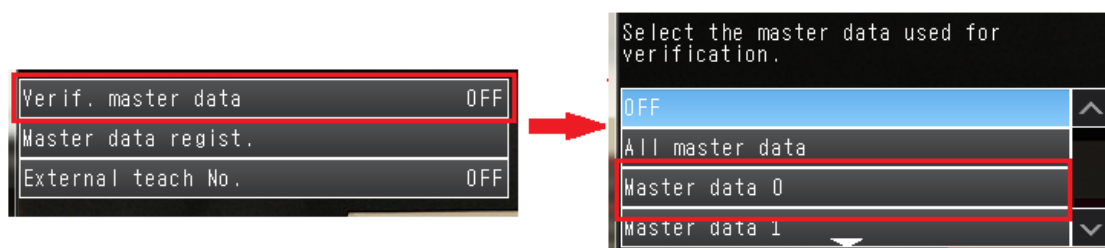


Figura 25: Ajuste de la verificación

Se va a verificar que el resultado obtenido coincide con el banco de datos 0, ya que es aquí donde se registró previamente la información. Pulsar "Back" cuando se haya configurado.

Se puede comprobar cómo funciona este método de inspección en el menú de "Test". Para ello pulsar "Back" nuevamente. Ir al modo "Test".

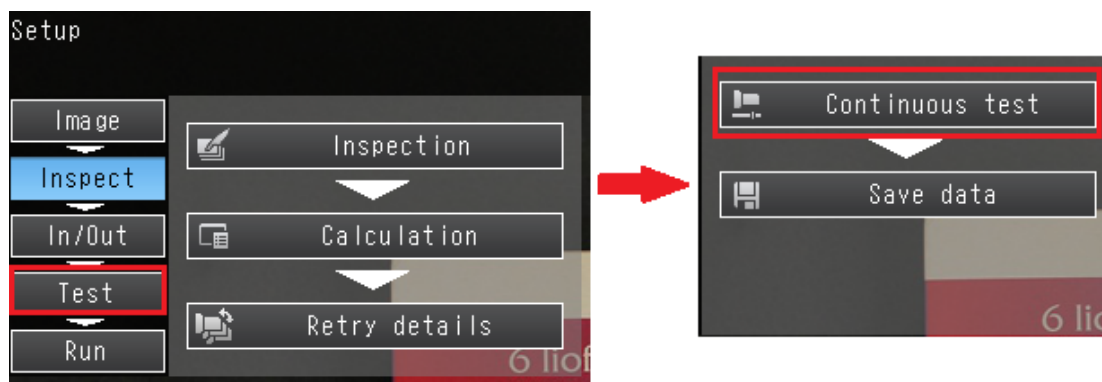


Figura 26: Selección de prueba de medidas

Aparecerán varias opciones, se selecciona la segunda de ellas para poder ver los detalles.

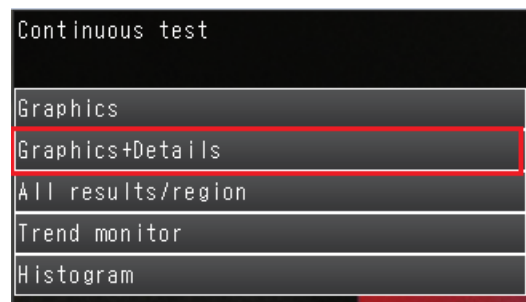


Figura 27: Modo de visualizar el juicio

A continuación, se puede ver el juicio de cada uno de los métodos configurados. Para ver el juicio del código de barras, pulsar en la flecha derecha hasta llegar al método.



Figura 28: Resultados de los juicios

Salir del modo "Test" pulsando "Back". Para incrementar la precisión de la aplicación, el siguiente método que se va a aplicar va a ser nuevamente el método del código de barras. Para ello, se elegirá una imagen en la que no se detecte bien el código de barras en el modo "Test". Aplicar nuevamente el algoritmo en esta imagen siguiendo los pasos anteriores.

El último método de inspección que se va a configurar es la detección de caracteres. En este algoritmo aparecen tres secciones. Proceder como en el resto de algoritmos, en primer lugar en el modo "Teach".

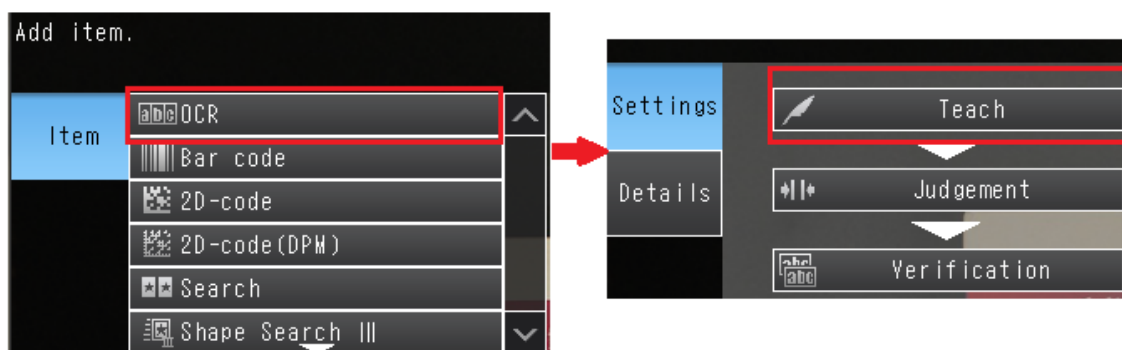


Figura 29: Selección del método OCR

Seleccionar el área modelo, una vez ajustado, pulsar "OK". Aparecerán los siguientes cuadros para el reconocimiento de caracteres.

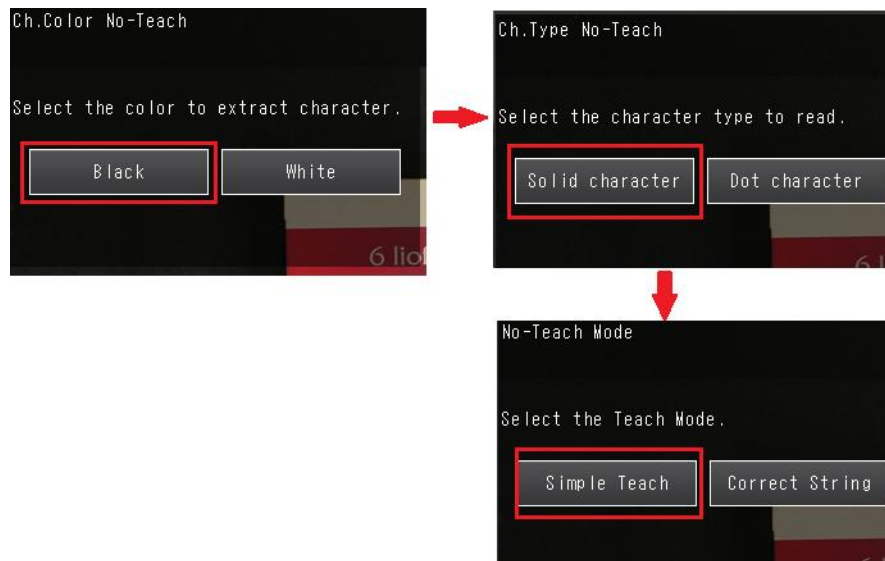


Figura 30: Pasos a realizar en el registro de caracteres

Una vez realizados los pasos anteriores, pulsar en "Teach" y comprobar que el resultado coincide con los caracteres del modelo.

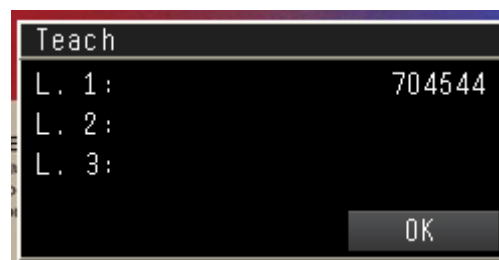


Figura 31: Caracteres detectados

Si coincide, pulsar "OK" y después "Back".

En caso de no coincidir, repetir el paso anterior cambiando la región modelo o cambiando el modo de enseñar a "Correct String" e introducir manualmente los caracteres.

PLIEGO DE CONDICIONES

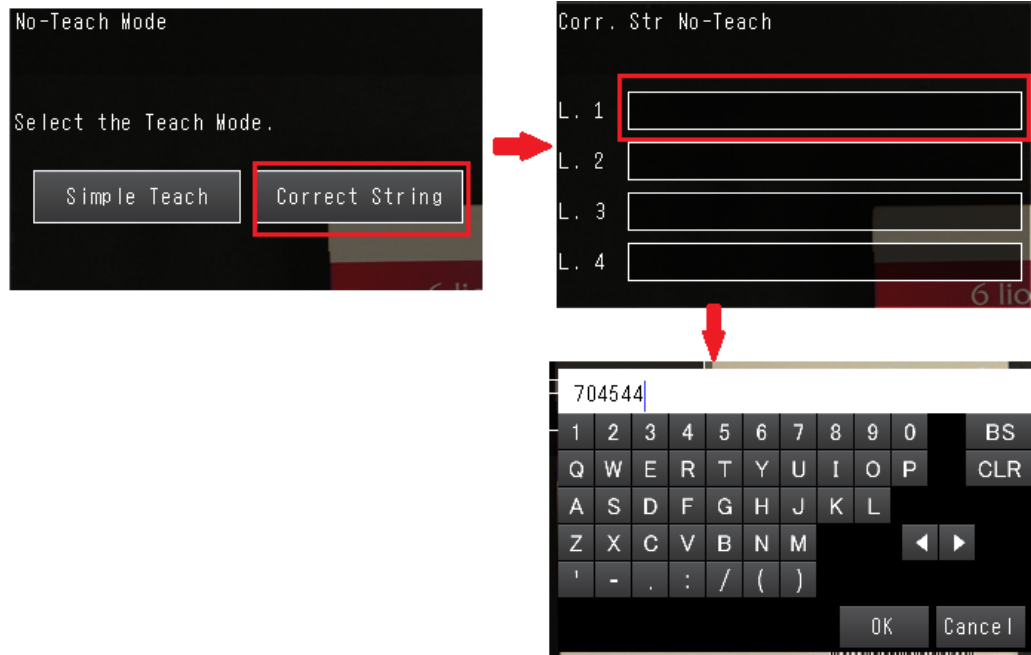


Figura 32: Vía adicional de registro de caracteres

Pulsar "OK" en el teclado y después "Back".

Igual que en el método de inspección del código de barras, verificar si la cadena de caracteres detectada coincide con la del modelo.



Figura 33: Pasos para realizar verificación de caracteres

Después, introducir el código manualmente en el teclado.

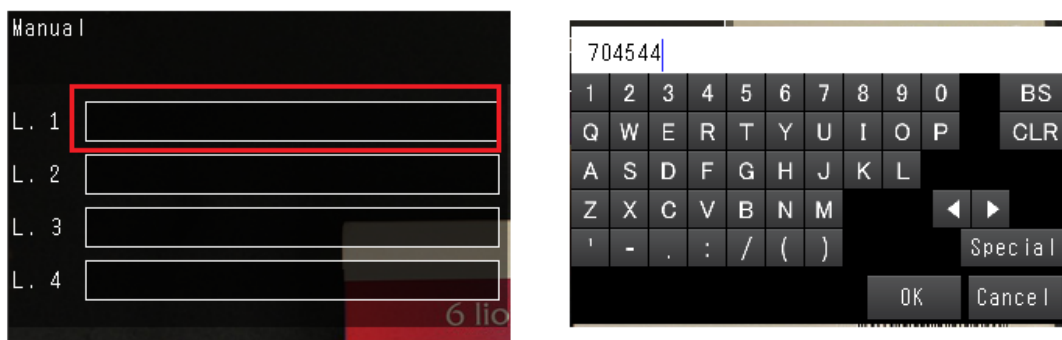


Figura 34: Introducción de caracteres a comprobar manualmente

Pulsar "OK" y después "Back" hasta llegar a la lista de métodos de inspección. Es posible visualizar si el método actúa correctamente en la sección de juicio "Judgement".

Para incrementar la precisión del método de inspección, aplicar el método OCR de nuevo en una imagen en la que no se detecten bien los caracteres. Los pasos a seguir son los mismos que los descritos anteriormente.

Cálculos

El juicio de los cálculos será el resultado final. Realizar en primer lugar los cálculos con los resultados de códigos de barras y OCR.



Figura 35: Inserción de cálculos en el algoritmo

Las operaciones a realizar son las siguientes:

- ❖ AND entre los juicios de los dos métodos de inspección del código de barras.
- ❖ AND entre los juicios de los dos métodos de inspección de OCR.

- ❖ OR entre los dos cálculos anteriores. OR entre el cálculo anterior y el método de inspección de búsqueda de elemento.

Se aconseja realizar las tres primeras en una única expresión y después combinarlo con la tercera.

Aparecerá el teclado en el cual hay tres posibilidades: cálculo aritmético, datos de métodos de inspección y filtros y funciones.

Utilizar en primer lugar las funciones matemáticas OR y AND. Para desplazarse, utilizar la flecha de dirección derecha.

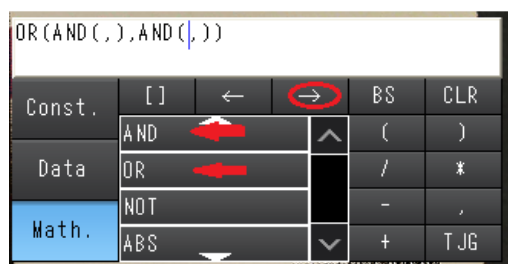


Figura 36: Funciones matemáticas empleadas

Para utilizar los datos de los métodos de inspección, pulsar en "Data" y en el método de inspección.

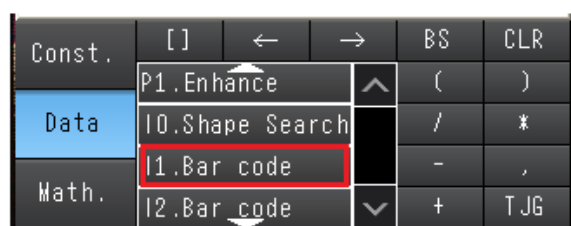


Figura 37: Elemento de inspección empleado en el cálculo

Elegir entre los diferentes datos disponibles, el juicio del elemento de inspección.



Figura 38: Elemento empleado en el cálculo

Una vez seleccionado, pulsar en la flecha de dirección derecha y añadir el siguiente método de inspección de código de barras.

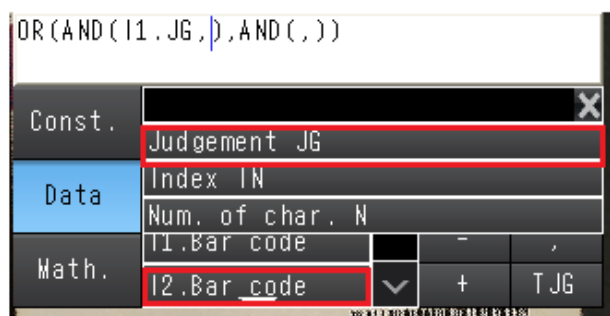


Figura 39: Segundo miembro de la primera operación

Pulsar nuevamente la flecha de dirección derecha y repetir el mismo proceso con los dos métodos de inspección OCR. La expresión resultante ha de ser la siguiente:

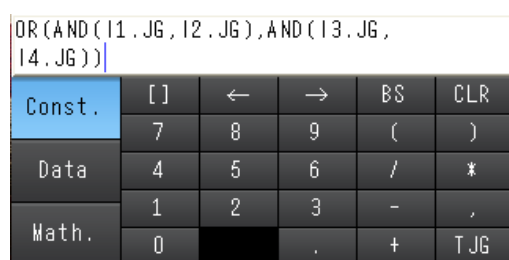


Figura 40: Expresión resultante del primer cálculo

Una vez terminada la expresión, pulsar "OK". Realizar ahora el último paso en los cálculos, utilizar una nueva expresión para ello.

La última expresión consiste en una operación OR entre el resultado del cálculo anterior y el resultado del juicio del primer método de inspección.

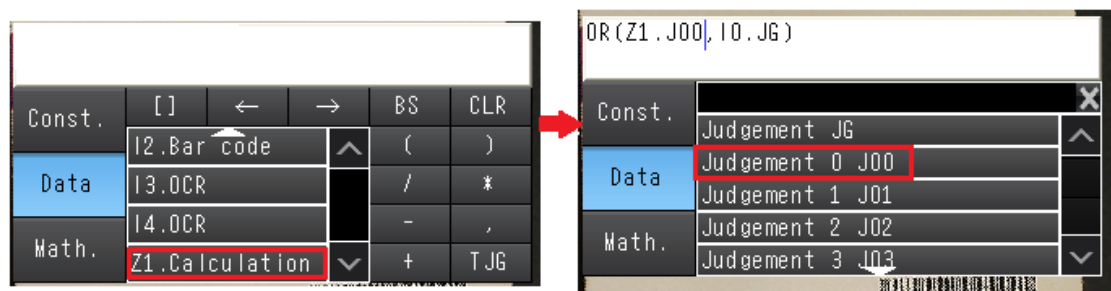


Figura 41: Comparación con el primer método de inspección

Pulsar seguidamente la flecha de dirección derecha y establecer el segundo parámetro de la operación.

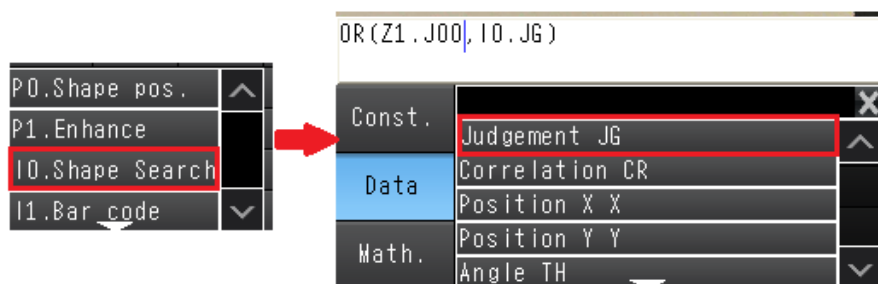


Figura 42: Segundo elemento de la comparación

La expresión resultante ha de ser la que se ve en la imagen superior. Para una mayor comprensión en los cálculos es posible modificar el nombre de las expresiones para ponerlo de forma aclaratoria. Para ello, pulsar en la expresión que se quiera cambiar el nombre.

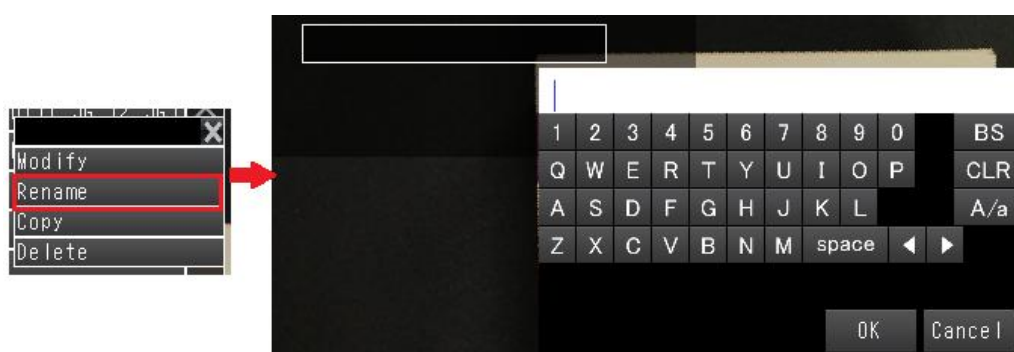


Figura 43: Cambio de nombre de los cálculos

Poner en el teclado el nombre deseado. Volver al menú principal.

Ajuste de salidas

A continuación, se van a ajustar los datos de salida al PLC. El resultado que interesa no es el del juicio global sino el resultado del último cálculo realizado. Se muestran a continuación los pasos a seguir.

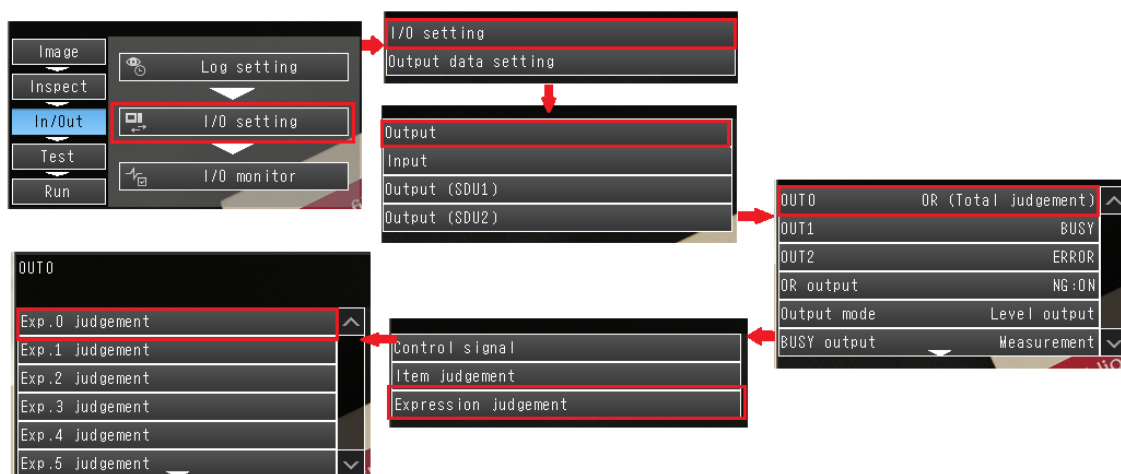


Figura 44: Configuración de los datos de salida

Ajuste del disparo

Una vez ajustado el sensor de proximidad, se va a ajustar el retardo del disparo que ha de tener. En este paso no se puede trabajar con la simulación, sino que habrá que trabajar con el sensor. Guardar la sesión en el modo simulación.

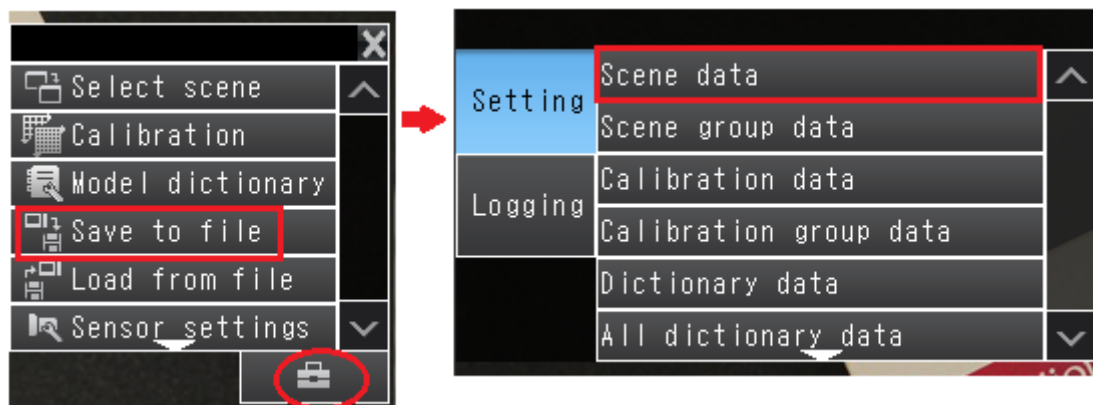


Figura 45: Guardar algoritmo diseñado

Salir del modo simulación y conectarse al sensor. Se pondrá automáticamente en el menú principal. Activar la señal de TRIG enviando un disparo, se capturarán imágenes de forma continua.



Figura 46: Ajuste del disparo del sensor

Elegir la imagen que se visualice con mejor nitidez de entre todas las que aparecen. Pulsar "OK". Volver al menú principal.

Test

Probar el algoritmo en el modo test realizando una medida continua. Se puede hacer en el modo simulación. Se puede elegir cualquiera de los modos posibles en el test continuo.

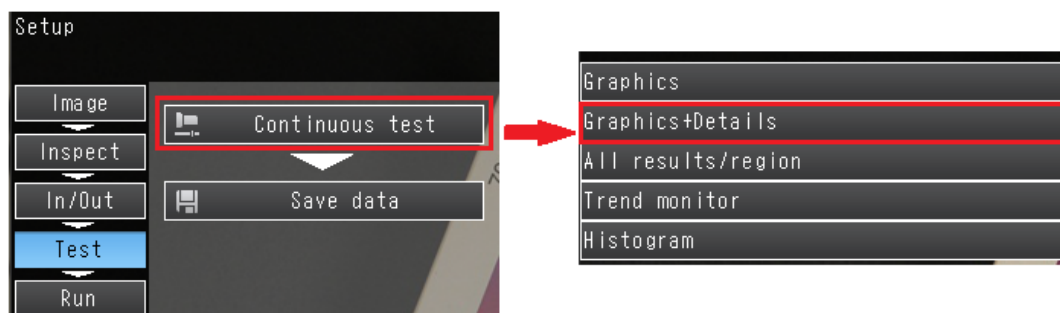


Figura 47: Comprobación de resultados

Comprobar los resultados.

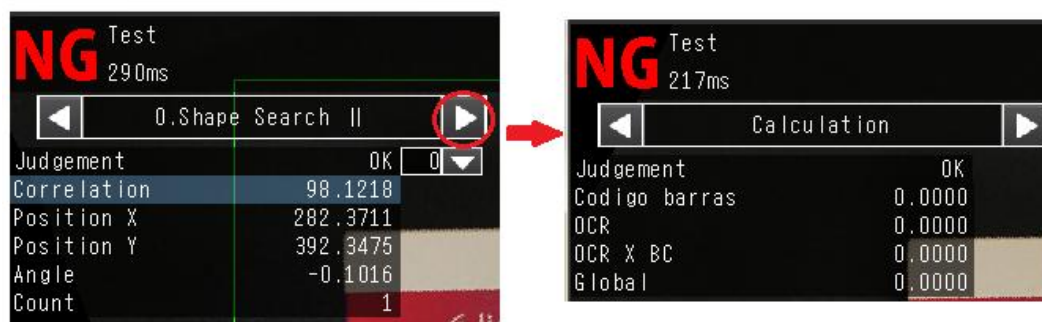


Figura 48: Resultados obtenidos

Recordar que el juicio que interesa es el de los cálculos, el resultado global será NG siempre que el juicio de al menos uno de los métodos de inspección sea NG. Se ha configurado el programa para que la salida sea únicamente el resultado del juicio de los cálculos. Para comprobar más rápidamente los resultados utilizar los iconos de la parte inferior.



Figura 49: Iconos de cambio de imagen

Volver al menú principal.

Run

Una vez configurados todos los parámetros, habilitar el modo "Run" con el sensor conectado.

8. Condiciones económicas

Errores en el proyecto

En el caso de existir algún tipo de error en el proyecto se avisará inmediatamente al proyectista y se le informará con detalle de los errores encontrados.

Además se dejará de usar la aplicación hasta que los errores queden solucionados para prevenir cualquier tipo de daño.

Liquidación

Terminada la instalación del sistema de control de calidad de estuches fármacos, se procederá a la liquidación final en la que se incluye el importe de las unidades de realización, así como las posibles modificaciones del proyecto que hayan sido aprobadas por la dirección del proyecto.

Al suscribir el contrato, el cliente habrá de abonar el 80% del presupuesto. El 20% quedará como garantía durante los seis primeros meses, a partir de la fecha de puesta en marcha del sistema.

Si transcurridos seis meses desde la puesta en marcha no se ha manifestado ningún defecto o error de funcionamiento, el cliente abonará el 20% que estaba pendiente. A partir de este momento, se considerarán concluidos los compromisos entre ambas partes, a excepción del periodo de garantía.

9. Disposición final

Las partes contratantes, tanto la dirección del proyecto como la empresa cliente, se ratifican en el contenido del presente pliego de condiciones, que tiene igual validez, a todos los efectos, que una escritura pública, prometiendo su fiel cumplimiento.



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 6: Mediciones

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice

Tabla de contenido

Mediciones	144
------------------	-----

Mediciones

Partida 01: Materiales y equipos necesarios		
Código	Descripción	Cantidad
P01.1	Sensor FQ2	1
P01.2	Sensor E3FB-DN22	1
P01.3	Cinta transportadora	1
P01.4	PC portátil	1
P01.05	Fuente de alimentación	1
P01.6	Soporte de montaje para E3FB	1

Partida 02: Mano de obra		
Código	Descripción	Cantidad
P02.1	Horas de diseño	120
P02.2	Horas de investigación	250

Partida 03: Software		
Código	Descripción	Cantidad
P03.1	TouchFinder for PC	1

Partida 04: Conectores y cables		
Código	Descripción	Cantidad
P04.01	Conector XS2F-E422-D80-F	1
P04.02	Cable FQ - WN002 - E	1
P04.03	Cable FQ - WD030	1



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Sensor de imagen integrado FQ2
de Omron y su aplicación a control
de calidad en la industria
farmacéutica**

Documento Nº 7: Presupuesto

Autor: Raquel Mínguez Ruiz

Director: Javier Esteban Vicuña Martínez

Septiembre 2019

Índice

Tabla de contenido

1. Unidades de proyecto	148
2. Precios unitarios.....	150
3. Mediciones	150
4. Presupuestos parciales.....	151
5. Presupuesto final.....	152

Presupuesto

1. Unidades de proyecto

Unidades de proyecto			
Partidas	Elemento	Unidad de proyecto	Descripción
Equipos	Sensor FQ2	1	Sensor integrado de visión artificial
	Sensor E3FB-DN22	1	Sensor de fotoeléctrico de carcasa metálica con capacidad de detección de hasta 300 mm
	Cinta transportadora	1	Sistema de transporte de los estuches
	PC portátil	1	Ordenador con Windows XP Home Edition o Windows 7 Home Premium, 1 GB de memoria RAM y procesador de 1.6 GHz o superior
	Fuente de alimentación	1	Fuente de alimentación 24V, 5A
	Soporte de montaje para E3FB	1	Soporte de montaje para el sensor fotoeléctrico
Horas de diseño y programación	Diseño	1	Tiempo invertido en el diseño del algoritmo
	Investigación	1	Tiempo invertido en la búsqueda de información y documentación
Software	TouchFinder for PC	1	Software de programación para el sensor integrado FQ2 de Omron
Conectores y cables	Conector XS2F-E422-D80-F	1	Conector a 4 hilos acodado M12 para el sensor fotoeléctrico
	Cable FQ - WN002 - E	1	Cable Ethernet para conectar el sensor FQ2 con el PC o el TouchFinder de 2 metros de longitud
	Cable FQ - WD003	1	Cable de entradas/salidas del sensor de 3 metros de longitud

2. Precios unitarios

Precios unitarios			
Partidas	Elemento	Unidad de proyecto	Precio con IVA (€)
Equipos	Sensor FQ2	1	1887,12
	Sensor E3FB-DN22	1	71,90
	Cinta transportadora	1	356,99
	PC portátil	1	563,19
	Fuente de alimentación	1	33,49
	Soporte de montaje para E3FB	1	8,14
Horas de diseño y programación	Diseño	1	60,00
	Investigación	1	40,00
Software	TouchFinder for PC	1	0,00
Conectores y cables	Conector XS2F-E422-D80-F	1	27,30
	Cable FQ - WN002 - E	1	38,72
	Cable FQ - WD003	1	70,54

3. Mediciones

Mediciones		
Partidas	Elemento	Cantidad
Equipos	Sensor FQ2	1
	Sensor E3FB-DN22	1
	Cinta transportadora	1
	PC portátil	1
	Fuente de alimentación	1
	Soporte de montaje para E3FB	1
Horas de diseño y programación	Diseño	120
	Investigación	250
Software	TouchFinder for PC	1
Conectores y cables	Conector XS2F-M12PVC3A2M	1
	Cable FQ - WN002 - E	1
	Cable FQ - WD003	1

4. Presupuestos parciales

Partida 01: Materiales y equipos				
Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
P01.01	Sensor FQ2	1	1887,12	1887,12
P01.02	Sensor E3FB-DN22	1	71,9	71,90
P01.03	Cinta transportadora	1	356,99	356,99
P01.04	PC portátil	1	563,19	563,19
P01.05	Fuente de alimentación	1	33,49	33,49
P01.06	Soporte de montaje para E3FB	1	8,14	8,14

Total partida 01: Materiales y equipos... 2.920,83 €

Asciende la citada partida de "Materiales y equipos" a la cantidad de **dos mil novecientos veinte euros con ochenta y tres céntimos**.

Partida 02: Horas de programación y diseño				
Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
P02.01	Diseño	120	60,00	7200,00
P02.02	Investigación	250	40,00	10000,00

Total partida 02: Horas de diseño e investigación ... 17.200,00 €

Asciende la citada partida de "Horas de diseño e investigación" a la cantidad de **diecisiete mil doscientos euros**.

Partida 03: Software				
Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
P03.1	TouchFinder for PC	1	0,00	0,00

Total partida 03: Software ... 0,00 €

Asciende la citada partida de "Software" a la cantidad de **cero euros**.

Partida 04: Conectores y cables				
Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
P04.01	Conector XS2F-M12PVC3A2M	1	27,30	27,30
P04.02	Cable FQ - WN002 - E	1	38,72	38,72
P04.03	Cable FQ - WD003	1	70,54	70,54

Total partida 04: Conectores y cables ... 136,56 €

Asciende la citada partida de "Conectores y cables" a la cantidad de **ciento treinta y seis euros y cincuenta y seis céntimos**.

5. Presupuesto final

Presupuesto Final		
Concepto	Importe (€)	Subtotal (€)
Materiales y equipo	2.920,83	2920,83
Horas de programación y diseño	17.200,00	20.120,83
Software	0,00	20.120,83
Conectores y cables	136,56	20.257,39
Total	20.257,39	20.257,39
Total con beneficio industrial (6%)	21.472,83	21.472,83

Asciende el trabajo desarrollado a la cantidad de 21.472,83 €

Asciende el trabajo desarrollado a la cantidad de **VEINTIÚN MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS**.

Logroño, 3 de septiembre de 2019

Nota:

- ❖ Este presupuesto corresponde a una unidad o puesto de inspección de control de calidad, por lo que no contempla reducciones de precios por volúmenes de compra.
- ❖ Se han utilizado precios vigentes a Agosto de 2019, si transcurren más de 12 meses en realizarse el proyecto, los precios deberían actualizarse a los precios vigentes en ese momento.
- ❖ Las versiones de software utilizadas corresponden a las disponibles en Agosto de 2019. Tener en cuenta posibles actualizaciones a nuevas versiones.